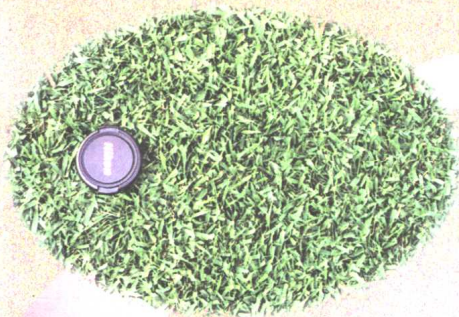




董厚德 宫莉君 等著

中国结缕草生态学 及其资源开发与应用

Ecology of *Zoysia japonica* and the Exploitation
and Application of its Resources in China



中国林业出版社

中国结缕草生态学及其 资源开发与应用

Ecology of *Zoysia japonica* and the Exploitation
and Application of its Resources in China

董厚德 官莉君 等著

中国林业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

中国结缕草生态学及其资源开发与应用/董厚德, 宫莉君 等著. - 北京: 中国林业出版社, 2001.5

ISBN 7-5038-2786-6

I. 中… II. ①董… ②宫… III. ①牧草, 结缕草-植物生态学-中国 ②牧草, 结缕草-资源开发-中国 ③牧草, 结缕草-资源利用-中国 IV. S54

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 24766 号

本书著者: 董厚德 宫莉君 王 艳
陈中林 张学勇 张 绵

Authors: Dong Houde Gong Lijun Wang Yan
Chen Zhonglin Zhang Xueyong Zhang Mian

中国结缕草生态学及其资源开发与应用

出版 中国林业出版社 (100009 北京西城区刘海胡同 7 号)

E-mail cfphz@public.bta.net.cn 电话 66184477

发行 新华书店北京发行所

印刷 三河市富华印刷包装有限公司

版次 2001 年 7 月第 1 版

印次 2001 年 7 月第 1 次

开本 850mm×1168mm 1/32

印张 6.5 插页 8

字数 181 千字

印数 1~3000 册

定价 30.00 元

结缕草是当今世界上公认的优良草坪草。其独特的地下根茎层具有强大的固土护坡和防治水土流失的功能。结缕草草地还是良好的牧场和割草场。结缕草可谓是草中之宝。

在日本和韩国，结缕草草坪随处可见。高尔夫球场、足球场、城市和公园中的开放性绿地，多采用结缕草建植而成。

据中国古书记载，早在 2000 年前就曾用结缕草铺建草坪，然而现代意义上的草坪，只是近十几年才得到迅速发展。草坪已成为当代城市生态建设中重要的组成部分。但是与日本和韩国相比，在草坪建植中，我们忽略了中国的气候特点和水资源及经济上的承受能力，单纯追求绿期长的草，而大量引进国外草种。由于国外草大多喜肥、耗水量大、易患病、不耐践踏又退化快，不仅建植草坪成本高，其管理费用更高，不少地区出现建得起草坪，却养不起的局面。十几年来我国的草坪业虽然有了长足的发展，但是我们也付出了沉重的代价。这一教训值得深思。

中国的结缕草资源位居世界各国之首，也是世界惟一生产结缕草种子的国家。辽宁的结缕草草地面积和种子产量占全国 60% 以上，面对这一得天独厚的优势，在辽宁省科学技术厅和辽宁省发展计划委员会的支持下，从 1990 年开始我们便对结缕草的个体、种群和群落生态学理论以及资源开发应用技术进行了全面的研究。

10 年来，对国内外结缕草主要分布地区进行了实地调查，同时将不同生境的结缕草种群引种到辽宁大学结缕草生态试验园内做定位研究。放牧实验和封育演替观测在辽宁大学结缕草资源开发研究基地

进行。通过建植高尔夫球场、足球场等总计 50 余万平方米的草坪, 研制完成了结缕草草坪建植与管理综合技术。结缕草种子处理是在自行设计的工厂中进行的, 批量种子成品已销往国内外, 受到客户好评。

现将 10 年来我们的研究成果总结成本书, 希望得到广大同仁的指教。如果本书能对今后中国结缕草的深入研究以及中国结缕草产业的发展有所推动的话, 那将是作者的最大欣慰。

全书共分十章。第一章介绍中国已记载的结缕草属各植物种类的形态特征和分布。第二章至第五章系统论述了结缕草的形态解剖、生物学特征、生态学特征、种群扩展和群落生态学等理论问题。第六章至第十章重点阐述了结缕草资源的可持续利用及其产业发展等问题, 还介绍了解除结缕草种子休眠的方法和处理工艺、结缕草种内变异与育种。

在本项课题的研究和成书过程中, 得到了业内专家和学者的大力支持与帮助, 在此表示衷心的感谢。

董厚德

辽宁大学生态环境研究所

2001 年 3 月于沈阳

目 录

前 言

第一章 中国结缕草属植物的分类与分布 (1)

一、结缕草属植物的分类 (1)

二、结缕草属植物检索表 (2)

三、结缕草属植物的种类及其分布 (2)

(一) 结缕草 *Zoysia japonica* Steud. 2

(二) 中华结缕草 *Zoysia sinica* Hance 3

(三) 大穗结缕草 *Zoysia macrostachya* Franch. et Sav. 6

(四) 沟叶结缕草 *Zoysia matrella* (L.) Merr. 7

(五) 细叶结缕草 *Zoysia tenuifolia* Willd. et Trin 8

第二章 结缕草的生物学特性 (9)

一、根 (9)

(一) 根系 9 (二) 根的结构 10 (三) 根与土壤微生物 12

二、茎 (12)

(一) 茎的类型及形态特征 12 (二) 茎的主要生理功能 15

(三) 节和节间的结构 16

三、分蘖的形态及年龄特征 (19)

四、叶 (21)

(一) 叶的形态 22 (二) 叶片的形成 23 (三) 叶片结构 25

五、花 (29)

六、果实和种子 (31)

(一) 颖 果 31 (二) 种子 (小穗) 的外部形态 31

(三) 种子 (真种子) 31

七、种子萌发和幼苗发育	(32)
第三章 结缕草的生态学特性	(34)
一、分布区域及区域环境特点	(34)
二、影响结缕草生长的生态因素	(36)
(一) 光 照 37 (二) 气 温 37 (三) 水 分 38	
(四) 土 壤 40 (五) 人为活动的干扰 45 (六) 天然结缕	
草草地分布的限制性与适宜性生态因素分析 46	
第四章 结缕草的繁殖——种群扩展	(52)
一、有性生殖	(52)
(一) 抽穗率 52 (二) 果穗的数量特征 53	
(三) 种子的数量特征 57 (四) 种子库及种子传播 61	
二、营养繁殖	(63)
(一) 结缕草的分枝过程 63 (二) 结缕草的分蘖 65	
(三) 结缕草茎的扩繁 65 (四) 生物量 69	
第五章 结缕草的群落学特征	(73)
一、结缕草的群落组成及分类系统	(73)
(一) 群落组成的主要特点 73	
(二) 结缕草群落的分类系统 75	
二、各群落类型概述	(75)
三、结缕草群落的季相变化——物候节律	(97)
四、结缕草群落的演替	(98)
(一) 影响结缕草群落演替的生态因素 98	
(二) 演替图式 99	
第六章 结缕草的应用价值及其资源的估算	(103)
一、应用价值	(103)
(一) 良好的牧场 103 (二) 优良的草坪草 104	

- (三) 护山护坡防止水土流失 107
- (四) 结缕草是重金属镉 (Cd) 污染土地利用的首选植物 107

二、资源的估算…………… (108)

- (一) 辽宁结缕草资源的估算 109
- (二) 山东结缕草资源的估算 112
- (三) 辽宁和山东两省的结缕草资源量 113

第七章 解除结缕草种子休眠的方法与处理工艺…………… (114)

一、影响种子休眠的因素和解除休眠的方法…………… (114)

- (一) 影响种子休眠的因素 114 (二) 解除种子休眠的方法 115

二、解除结缕草种子休眠的研究概况…………… (117)

三、解除结缕草种子休眠的工厂化处理…………… (118)

- (一) 适宜工厂化解除结缕草种子休眠的“9702”法 118
- (二) 结缕草种子处理工厂的设计与建立 123

四、结缕草种子的采收…………… (125)

- (一) 采收系统的建立 125 (二) 采收时间 125
- (三) 采收方法 126 (四) 种子鉴别 126
- (五) 种子初选 128

五、种子的贮藏…………… (128)

- (一) 影响种子寿命的因素 128
- (二) 结缕草种子在室内自然温湿条件下贮藏的试验 129

第八章 结缕草草坪建植与管理技术…………… (131)

一、结缕草草坪建植技术…………… (131)

- (一) 种子直播建坪技术 131 (二) 成草移植建坪技术 135
- (三) 不同类型结缕草草坪建植技术要点 137

二、结缕草草坪的管理技术…………… (140)

- (一) 浇水 140 (二) 施肥 140
- (三) 病虫害防治 141 (四) 杂草防治 142
- (五) 修剪 143 (六) 覆沙 144
- (七) 打孔、梳草及冬灌 144

三、结缕草直播成坪的时间·····	(145)
四、有关结缕草建坪的几项技术试验结果·····	(146)
(一) 春季直播建坪覆膜技术	146
(二) 秋季幼苗覆膜试验	147
(三) 结缕草根状茎移植建坪	148
(四) 草坪秋季覆沙试验	150
(五) 增加绿期试验	150
第九章 结缕草的种内变异与育种·····	(152)
一、国外结缕草种内变异的研究概况·····	(152)
二、中国结缕草的种内变异·····	(154)
(一) 果穗及种子形态的变异	155
(二) 秋季叶色的地理变异	155
(三) 辽宁产与山东产结缕草的同工酶谱分析	161
三、结缕草的育种·····	(162)
(一) 国外育种概况	162
(二) 国内的育种工作	163
(三) 我国结缕草育种展望	164
第十章 结缕草资源的保护及产业的发展·····	(166)
一、结缕草资源保护与持续利用的科学依据·····	(166)
(一) 封育对结缕草群落的影响	166
(二) 放牧对结缕草草地的影响	169
二、生产性保护与移地保护·····	(171)
(一) 生产性保护	171
(二) 移地保护——建立结缕草物种保护园	171
三、结缕草——中国 21 世纪草产业的支柱草种·····	(172)
(一) 结缕草在辽宁省的区域适宜性	172
(二) 结缕草在中国的区域适宜性	175
(三) 结缕草在世界的区域适宜性	177
四、我国在结缕草研究与开发中存在的问题及对策·····	(179)
参考文献·····	(182)

CONTENTS**Preface****I Taxology and Distribution of Chinese *Zoysia* Genus** (1)

1. Taxology of Chinese *Zoysia* genus (1)
2. Artificial key of Chinese *Zoysia* genus (2)
3. Synopsis and distribution of Chinese *Zoysia* genus (2)
 - (1) *Zoysia japonica* Steud.
 - (2) *Zoysia sinica* Hance
 - (3) *Zoysia macrostachya* Franch. et Sav.
 - (4) *Zoysia matrella* (L.) Merr.
 - (5) *Zoysia tenuifolia* Wild. ex Trim

II Biological Characteristics of *Zoysia japonica* (9)

1. Root (9)
 - (1) Root system
 - (2) Root anatomy
 - (3) Root and micro-organisms in soil
2. Stem (12)
 - (1) Types and morphological characters of stem
 - (2) Main physiological functions of stem
 - (3) Anatomic structure of node and internode
3. Tiller morphological and age characters (19)
4. Leaf (21)
 - (1) Leaf morphology
 - (2) The shaping of leaf
 - (3) Anatomic structure of leaf
5. Flower (29)

6. Fruit and seed	(31)
(1) Caryopsis	
(2) External morphology of seed (spikelet)	
(3) Seed (true seed)	
7. Germination of seeds and growth of seedlings	(32)
III Ecological characteristics of <i>Zoysia japonica</i>	(34)
1. Distribution and environmental characters of <i>Zoysia japonica</i>	(34)
2. Ecological factors influencing the growth of <i>Zoysia japonica</i>	(36)
(1) Illumination	
(2) Air temperature	
(3) Water supply	
(4) Soil	
(5) Disturbance of human activities	
(6) Analysis of restrictive and appropriate ecological factors for the distribution of natural <i>Zoysia japonica</i>	
IV Reproduction of <i>Zoysia japonica</i>-Expanding of Population	(52)
1. Sexual reproduction of <i>Zoysia japonica</i>	(52)
(1) Ear sprouting ratio	
(2) Quantitative characteristics of spikes	
(3) Quantitative characteristics of seeds	
(4) Seed bank and seed dispersion of <i>Zoysia japonica</i>	
2. Vegetative reproduction of <i>Zoysia japonica</i>	(63)
(1) Ramification process	
(2) Tiller	
(3) Cauline spreading	
(4) Biomass	
V Community Characteristics of <i>Zoysia japonica</i>	(73)

1. Composition and assortative system of *Zoysia japonica* communities (73)
 - (1) Main characteristics of community composition
 - (2) Assortative system of *Zoysia japonica*'s communities
2. Summary of community types (75)
3. Seasonality of *Zoysia japonica* communities-phenological rhythm (97)
4. Succession of *Zoysia japonica* communities (98)
 - (1) Ecological factors influencing the succession of *Zoysia japonica* communities
 - (2) Succession chart

VI Value of Application and Evaluation of *Zoysia japonica* Resources (103)

1. The applicable value of *Zoysia japonica* (103)
 - (1) Favorable pasture
 - (2) Excellent lawn grass
 - (3) Mulch of hills and slope to prevent the loss of water and soil
 - (4) Primary plant to be used in the polluted soil (Cd)
2. Evaluation of *Zoysia japonica* resources (108)
 - (1) Evaluation of *Zoysia japonica* resources in Liaoning province
 - (2) Evaluation of *Zoysia japonica* resources in Shandong province
 - (3) The resources of *Zoysia japonica* in Liaoning and Shandong provinces

VII Methods to Terminate the Dormancy of *Zoysia japonica* Seeds and its Practical Technique (114)

1. Factors influencing seeds dormancy and methods to terminate the dormancy (114)
 - (1) Factors influencing seeds dormancy
 - (2) Methods to terminate dormancy of seeds
2. Research synopsis of terminating the dormancy of *Zoysia japonica* seeds (117)

3. Practical technique for terminating dormancy of *Zoysia japonica* seeds (118)
 - (1) "9702" -the practical technique for terminating dormancy of *Zoysia japonica* seeds
 - (2) The design and establishment of factory for *Zoysia japonica* seeds treatment
4. Ingathering of *Zoysia japonica* seeds (125)
 - (1) The establishment of ingathering system
 - (2) Ingathering time
 - (3) Ingathering method
 - (4) Differentiation of *Zoysia japonica* seeds
 - (5) Primary select of *Zoysia japonica* seeds
5. The storage of *Zoysia japonica* seeds (128)
 - (1) Influential factors for the longevity of *Zoysia japonica* seeds
 - (2) Indoor storage experiments for *Zoysia japonica* seeds under natural temperature and humidity

VIII Establishment and Management of *Zoysia japonica* Lawn

- (131)
 1. The establishment technique of *Zoysia japonica* lawn (131)
 - (1) The establishment of *Zoysia japonica* lawn directly by seeds
 - (2) The establishment of *Zoysia japonica* lawn by transplantation
 - (3) Critical points for the establishment of different types of *Zoysia japonica* lawns
 2. Management technique of *Zoysia japonica* lawn (140)
 - (1) Watering
 - (2) Fertilization
 - (3) Prevention and cure of diseases and pests
 - (4) Weed control
 - (5) Clipping
 - (6) Cover with sand
 - (7) Punching, carding and irrigation before winter

3. Time required to fully establish *Zoysia japonica* lawn directly by seeds (145)
4. Experimental results of several techniques in establishment of *Zoysia japonica* lawns (146)
 - (1) Film-covering technique for establishing *Zoysia japonica* lawn in spring
 - (2) Experiment of film-covering technique on *Zoysia japonica* seedlings in autumn
 - (3) Establishment *Zoysia japonica* lawn by rhizomes transplantation
 - (4) Experiment of mulching sand on *Zoysia japonica* lawn in autumn
 - (5) Experiment for elongating the green period of *Zoysia japonica* lawn

IX Variation and Breeding of *Zoysia japonica* (152)

1. Abroad research summary of *Zoysia japonica*'s variation (152)
2. Variation of Chinese *Zoysia japonica* (154)
 - (1) Morphological variance of spikes and seeds
 - (2) Geographical variance of autumn leaf-color
 - (3) Isozyme analysis of *Zoysia japonica* from Liaoning and Shandong provinces
3. Breeding of *Zoysia japonica* (162)
 - (1) Summary of breeding studies abroad
 - (2) Summary of breeding studies in China
 - (3) Prospect of breeding *Zoysia japonica* in China

X Resource Protection and Industrial Development of *Zoysia japonica* (166)

1. Scientific basis of resource protection and sustainable utilization of *Zoysia japonica* (166)
 - (1) The influence of conservancy to *Zoysia japonica* community
 - (2) The influence of grazing to *Zoysia japonica* meadow
2. Protection methods-industrial production or transplantation (171)

(1) Protection by industrial production	
(2) Protection by transplantation-establish <i>Zoysia japonica</i> collecting garden	
3. <i>Zoysia japonica</i> ——the mainstay grass of 21st century for lawn grass industry in China	(172)
(1) Suitability of <i>Zoysia japonica</i> in Liaoning province	
(2) Suitability of <i>Zoysia japonica</i> in China	
(3) Suitability of <i>Zoysia japonica</i> in the world	
4. Questions in the research and exploitation of Chinese <i>Zoysia japonica</i> resources and the countermeasures	(179)
References	(182)

第一章 中国结缕草属植物的 分类与分布

结缕草属为禾本科画眉草亚科的多年生草本植物。具有发达的根状茎或匍匐枝。叶片质坚，常内卷而窄狭。穗形总状花序，小穗单生，具1花，两侧扁，整个脱落；第一颖退化，第二颖为革质，无芒或具短芒，两侧边缘基部连合，全部包裹膜质外稃及内稃；外稃膜质，内稃常退化；无鳞被；雄蕊3；花柱2叉，柱头自小穗顶伸出。颖果与稃体分离。染色体 $2n=40$ 。模式种产于印度。

一、结缕草属植物的分类

中国已知结缕草属 *Zoysia* Willd. 植物有5种、2变种、1变型。

5种结缕草：

结缕草 *Zoysia japonica* Steud.

中华结缕草 *Z. sinica* Hance

大穗结缕草 *Z. macrostachya* Franch. et Sav.

沟叶结缕草 *Z. matrella* (L.) Merr.

细叶结缕草 *Z. tenuifolia* Willd. ex Trin.

2变种结缕草：

青结缕草 *Z. japonica* var. *pollida* Nakai et Honda

长花结缕草 *Z. sinica* var. *nipponica* Ohwi.

1变型结缕草：

大穗日本结缕草 *Z. japonica* f. *macrostachya* H.D.Dung et
L.J.Gong

二、结缕草属植物检索表

1. 花序基部为叶鞘所包，生于海滨盐滩地 大穗结缕草 *Zoysia macrostachya* Franch. et Sav.
1. 花序基部伸出叶鞘外。
 2. 叶片宽 3mm 以上。
 3. 叶片宽 4mm 以上，小穗长 2.5~4.5mm。
 4. 匍匐茎和小穗带紫色 结缕草 *Z. japonica* Steud.
(小穗 3.5~4.5mm 为大穗日本结缕草 *Z. japonica* f. *macrostachya* H.D.Dung et L.J.Gong)。
 4. 匍匐茎、秆及小穗为青色 青结缕草 *Z. japonica* var. *pollida* Nakai et Honda
 3. 叶片宽 3~4mm，小穗长 4.5mm 以上。
 5. 小穗长 4.5~5.5 mm 中华结缕草 *Z. sinica* Hance
 5. 小穗长 6.0~8.0mm 长花结缕草 *Z. sinica* var. *nipponica* Ohwi
 2. 叶片宽 1~2mm。
 6. 叶片宽约 2mm 沟叶结缕草 *Z. matrella* (L.) Merr.
 6. 叶片宽 1mm 细叶结缕草 *Z. tenuifolia* Willd. ex Trin.

三、结缕草属植物的种类及其分布

(一) 结缕草 *Zoysia japonica* Steud.

结缕草(图 1-1)又叫锥子草或护山皮草。多年生草本。具有长的匍匐茎和发达的根状茎；秆直立，从根状茎的每个节上生出，高 10~20cm；叶鞘无毛，仅鞘口处有长柔毛，上部紧密包茎；叶片线状披针形，长 3~30cm，宽 4~6mm，表面具柔毛；叶舌为丛生柔毛。总状花序顶生，长 2~4cm，宽 3~5mm；小穗卵形，长 2.5~4.5mm，宽 1.2~1.5mm；小穗柄常弯曲，长 4~6mm；第二颖革质，紫褐色，光亮，顶端钝，具 1mm 的短尖头；外稃膜质，具 1 脉，长 2.5~3mm。雄蕊 3，花药长 1~1.5mm；花柱 2，伸出颖外。花果期为 6~7 月。