

梅花山自然保护区拟赤杨群落的种间分离*

蔡冰玲¹ 吴承祯^{2**} 洪伟² 魏鑫³

(¹福建省漳州市林业局 漳州 363000)

(²福建农林大学林学院 福州 350002)

(³福建省漳州市旅游局 漳州 363000)

摘要 对野外梅花山拟赤杨林92个5 m×5 m样方内所有高度≥2 m且个体株数>8的物种个体绘制了空间分布图,应用最近邻体法判定每个个体的最近邻体植株,然后采用N×N最近邻体列表的截表法研究了拟赤杨林的种间分离规律.结果表明,在17个主要树种形成的136组种对中,绝大多数种对的种间关系表现为显著正分离(占73.53%),其他种对表现为随机毗邻(占26.47%),没有出现显著负分离种对.呈正分离的种对,可能是因为它们多为群落的较优势种,具有较强的适应能力和竞争能力.在此基础上,引入群落总体分离这一概念,应用 χ^2 检验法研究了拟赤杨林中物种的总体分离规律.结果表明,拟赤杨林中17个物种互相交错分布,是全面不分离的.图1表3参11

关键词 梅花山自然保护区;拟赤杨群落;种间分离;最近邻体法;N×N最近邻体列表; χ^2 检验

CLC S718.54 : S792.110.2

Interspecific Segregation in *Alniphyllum fortunei* Forest in the Meihuashan Nature Reserve in Fujian, China*

CAI Bingling¹, WU Chengzhen^{2**}, HONG Wei² & WEI Xin³

(¹Zhangzhou Forestry Bureau of Fujian Province, Zhangzhou 363000, Fujian, China)

(²Forestry College, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China)

(³Zhangzhou Tourism Bureau of Fujian Province, Zhangzhou 363000, Fujian, China)

Abstract Interspecific relationship is an important factor affecting community composition, structure, function and dynamics. In order to understand the interspecific segregation in *Alniphyllum fortunei* forest, 92 quadrats were investigated and a distribution map was made for all trees with $H \geq 2$ m and individual numbers > 8 . Based on the data, using the coefficient of segregation by the subtable of the $N \times N$ nearest-neighbor contingency table, the interspecific segregations of the tree species in *A. fortunei* forest in the Meihuashan Nature Reserve in Fujian, China were studied. The result indicated that most of species pairs were positively segregated (73.53%), only a few species pairs were randomly segregated (26.47%), and no negatively segregated pairs were found. Large individuals that were subdominant species in the forest tended to be positively segregated with other large trees, due to their strong capacity in adaptation and competition. In addition, a new concept, that is, the overall segregation was introduced. The overall segregated pattern in all species in the forest was studied by χ^2 test based on the $N \times N$ nearest-neighbor contingency table. The result showed that 17 studied species were overlapped in distribution and characterized by the overall non-segregation. Fig 1, Ref 3, Ref 11

Keywords Meihuashan Nature Reserve; *Alniphyllum fortunei* forest; interspecific segregation; nearest-neighbor's method; $N \times N$ nearest-neighbor contingency table; χ^2 -test

CLC S718.54 : S792.110.2

种间分离是指群落中种间个体交错分布的程度,以两个物种个体的相邻关系为基础.在很大程度上,种间分离与种间关联或相关有联系.种间分离可以是正分离(种A个体很少与种B个体毗邻)、负分离(种A个体常与种B个体毗邻)或两者都不是(种A个体与种B个体随机毗邻).种间分离与种间、种内相互作用的关系密切,反映了两个物种相互混杂的程度.物种间相互混杂的程度越小,种间分离的程度就越大.

如果两个物种是随机混合的,则认为它们不分离;如果两个物种倾向于独立成丛,同种混杂远多于异种混杂,种对发生正分离;如果它们倾向于彼此混杂,异种混杂远多于同种混杂,种对发生负分离.种间分离的研究对于揭示群落物种间相互作用、群落组成与动态具有重要意义^[1-2].

拟赤杨(*Alniphyllum fortunei*)为我国南方的主要用材树种之一.它生长快,干形直,材质轻软,切削容易,胶粘性质好,是胶合板和造纸的优良原料,宜于制火柴杆、冰棒棍、板料、铅笔杆、包装箱等.拟赤杨在梅花山国家级保护区内垂直分布于海拔1 000~1 200 m区域,常散生于常绿阔叶林中、林缘或次生植被.以建群种出现在蛟潭、大平山、桂竹坪、马屋等地,有小块状分布^[3].目前对拟赤杨群落的研究仅见于空间格局、物种多样性等方面^[4-6],种间分离研究尚属空白.我们采用最近邻体法、 $N \times N$ 最近邻体列表及其截表的方法,

收稿日期: 2009-02-17 接受日期: 2009-04-19

*国家自然科学基金项目(No. 30671664)、福建省自然科学基金项目(No. 2001F007)和福建农林大学青年教师科研基金项目资助(No. 06A08) Supported by the National Natural Science Foundation of China (No. 30671664), the Natural Science Foundation of Fujian, China (No.2001F007) and the Research Foundation for Young Teachers of Fujian Agriculture and Forestry University (No. 06A08)

**通讯作者 Corresponding author (E-mail: fjwcz@126.com)

通过计算种间分离指数,研究了梅花山拟赤杨林种对间的分离规律.此外,还提出应用 χ^2 检验研究群落所有物种总体分离规律的新方法.

1 研究区概况

梅花山国家级自然保护区地处福建西南部(116°45'25"~116°57'33"E, 25°15'14"~25°35'44"N),是武夷山脉南段与博平岭之间的玳瑁山的主体部分,为上杭、连城、龙岩三县(市)交界地带,土地总面积为22 168.5 hm².保护区海拔800~1 800 m,是九龙江、汀江支流的上游和源头.气候具有从南亚热带向中亚热带过渡的特点,冬暖夏凉,年均气温16℃,极端最高温35℃,极端最低温-5.5℃,日均气温 ≥ 10 ℃的活动积温4 500~5 100℃,年降水量1 700~2 200 mm,全年无霜期290 d,年平均相对湿度84%,年平均蒸发量1 000 mm.区内土壤的垂直地带性分布规律明显,从山麓至山顶依次为红壤、黄红壤和黄壤,其中,红壤主要分布于海拔900 m以下的山地丘陵,自然植被以常绿阔叶混交林或常绿针阔毛竹(*Phyllostachys pubescences*)混交林为主;黄红壤分布于海拔900~1 250 m,自然植被以常绿阔叶混交林、常绿针阔毛竹混交林或马尾松(*Pinus massoniana*)林、杉木(*Cunninghamia lanceolata*)林和毛竹林等为主;黄壤主要分布于海拔1 250 m以上,自然植被为马尾松、杉木,混生少量阔叶树或黄山松(*Pinus taiwanensis*)和禾本科草类;山地草甸土和沼泽土零星分布于海拔1 300~1 400 m以上的山间谷地,自然植被以草类植物为主.

2 研究方法

2.1 野外调查

调查时将样地划分为92个5 m×5 m的小样方,记录样方内高度大于2 m的所有乔木个体的种名、胸径、树高、坐标(x, y).同时记录样地的生境及群落环境.

2.2 数据分析方法

2.2.1 $N \times N$ 最近邻体列联表 De Jong等采用了接触取样种对的 $N \times N$ 列联表及其截取方法,用于草本植被的联结分析^[7].而Pielou的 2×2 最近邻体列联表中,基株涵盖了群落中所有个体^[2].对多物种群落进行全体取样,则得到一个 $N \times N$ 最近邻体列联表(表1),它实际上就是Pielou的 2×2 最近邻体列联表

表1 $N \times N$ 最近邻体列联表

Table 1 $N \times N$ nearest-neighbor contingency table

基株 Base plant	最近邻体植物 Nearest neighbor					总计 Total
	种1 S_1	种2 S_2	种3 S_3	...	种k S_k	
种1 S_1	n_{11}	n_{12}	n_{13}	...	n_{1k}	f_1
种2 S_2	n_{21}	n_{22}	n_{23}	...	n_{2k}	f_2
种3 S_3	n_{31}	n_{32}	n_{33}	...	n_{3k}	f_3
...
种k S_k	n_{k1}	n_{k2}	n_{k3}	...	n_{kk}	f_k
总计 Total	s_1	s_2	s_3	...	s_k	N

S_i : 种*i*; k : 样地中总物种数; n_{ij} : 种*i*个体的最近邻体是种*j*的个体时的数目; N : 样方内所有个体的总和; f_i : 种*i*的个体数; s_i : 以种*i*为最近邻体的个体总数.下同

S_i : Species *i*; k : Number of species in a quadrat; n_{ij} : Individuals of species *i* whose nearest neighbor is an individual of species *j*; N : Number of all the individuals; f_i : Individual number of species *i*; s_i : Individual number of species *i* as nearest neighbor plants. The same below

的扩展.

2.2.2 最近邻体 2×2 列联表的构造 为了计算方便,截取上述 $N \times N$ 列联表,得到关于种*i*和种*j*的 2×2 列联表(表2).

表2 2×2 最近邻体列联表

Table 2 2×2 nearest-neighbor contingency table

基株 Base plant	最近邻体植物 Nearest neighbor		
	S_i	S_j	总计 Total
S_i	n_{ii}	n_{ij}	$n_{i\cdot}$
S_j	n_{ji}	n_{jj}	$n_{\cdot j}$
总计 Total	$n_{i\cdot} + n_{\cdot j}$	$n_{ij} + n_{jj}$	N_{ij}

N_{ij} : 种*i*和种*j*个体之和 Total number of both species *i* and species *j*

2.2.3 种间分离指数 采用Pielou的分离指数来计算种间的分离程度:

$$S = 1 - \frac{N_{ij}(n_{ij} + n_{jj})}{(n_{ii} + n_{ij})(n_{ij} + n_{jj}) + (n_{ji} + n_{jj})(n_{ii} + n_{ij})} = \frac{2(n_{ii}n_{jj} - n_{ij}n_{ji})}{(n_{ii} + n_{ij})(n_{ij} + n_{jj}) + (n_{ji} + n_{jj})(n_{ii} + n_{ij})} \quad (1)$$

分离指数*S*的值变化于-1和+1之间,当 $n_{ii} = n_{jj} = 0$ 并且 $n_{ij} = n_{ji} \neq 0$ 时,也就是说不存在同种毗邻时,*S*达到最小值-1,两个物种发生最大可能的负分离;当 $n_{ij} = n_{ji} = 0$ 并且 $n_{ii} = n_{jj} \neq 0$,也就是说两个物种不存在相互毗邻,*S*达到最大值+1,两个物种发生最大可能的正分离;当 $n_{ii}n_{jj} = n_{ij}n_{ji}$ 时, $S = 0$,两个物种完全随机毗邻.但Pielou并未给出*S*的统计检验方法^[2].在分离指数计算公式中,如果遇到 n_{ij} 值等于0,给这些 n_{ij} 加权0.001,这样做既可以防止公式(1)中出现0分母,而且更接近自然状态.另外,在没有找到合适的显著性检验方法之前,戴小华等在种间分离研究过程中对*S*值作了更具体的区间划分^[1],即规定:当 $0.7 \leq S \leq 1$ 时,两个物种为正分离,当 $-1 \leq S \leq -0.7$ 时为负分离,即两个物种倾向于彼此为邻,当 $-0.7 < S < 0.7$ 时为既非正分离也非负分离的随机毗邻种对.

2.2.4 $N \times N$ 种对间的总体分离指数 以上研究只针对群落内两两物种之间的分离分析,并没有给出一个群落中所有物种之间的分离状态.在分析两两物种的分离规律后,提出了群落中所有物种间的分离会怎么样的一个新问题.为了检验 $N \times N$ 种对的分离情况,提出一种涉及多物种的检验方法——应用 χ^2 检验对 $N \times N$ 最近邻体列联表进行分析,以便判断所有种对之间的分离规律.这种方法是否有效和适用,还有待于更多研究工作的检验^[8].

(1) 建立假设: H_0 为所有种对总体分离; H_0 为所有种对不是总体分离.

(2) $N \times N$ 最近邻体列联表的 χ^2 检验,计算公式为:

$$T_{ij} = \frac{T_i \times S_j}{T} \quad (2)$$

$$\chi^2 = \sum_i \sum_j \frac{(n_{ij} - T_{ij})^2}{T_{ij}} \quad (3)$$

如果 $\chi^2 > \chi_{0.05}^2$,拒绝 H_0 ,接受 H_1 ,认为所有种对不是总体分离的.如果 $\chi^2 < \chi_{0.05}^2$,接受 H_0 ,拒绝 H_1 ,则认为所有种对是总体分离.

3 结果与分析

3.1 两两物种的分离特征

根据这17个物种间最近邻体关系的原始资料矩阵,运用

公式(1)计算出这些树种两两之间的S值,并绘出相应的分离指数S半矩阵图(图1)。在92个样方内所有高度≥2 m且个体株数>8的乔木,共计17个物种,136个种对。目前,拟赤杨在整个群落中,无论是个体数量上、频数,还是断面积都处于绝对优势地位,而其他树种如杉木、黄枝润楠、丝栗栲等在群落中处于相对优势。对以上17个树种进行两两比较,计算各种对的分离指数并且用区间划分进行统计,结果表明,该群落中正分离的种对占绝大多数(占73.53%),其他种对表现为随机毗邻(占26.47%),没有出现显著负分离种对(表3)。

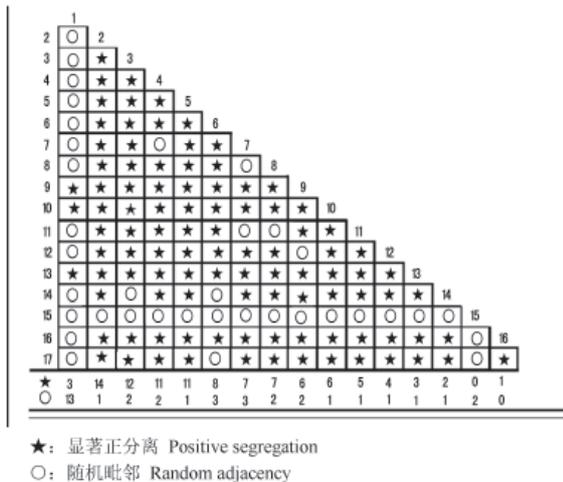


图1 拟赤杨林17个树种间分离(S)半矩阵图

Fig. 1 Half-matrix diagram of coefficient (S) of interspecific segregation among the 17 species with more than 8 individuals in *A. fortunei* forest

1. 拟赤杨; 2. 杉木; 3. 黄枝润楠; 4. 丝栗栲; 5. 赤楠; 6. 矩圆叶老鼠刺; 7. 山矾; 8. 拉氏栲; 9. 尾叶冬青; 10. 榿木; 11. 刺毛杜鹃; 12. 细枝柃; 13. 沉水樟; 14. 虎皮楠; 15. 黄瑞木; 16. 细柄阿丁枫; 17. 毛竹
 1. *A. fortunei*; 2. *Cunninghamia lanceolata*; 3. *Machilus versicolora*; 4. *Castanopsis rargesn*; 5. *Syzygium buxifolium*; 6. *Itea chinensis*; 7. *Symplocos caudata*; 8. *Castanopsis Lamontii*; 9. *Llex wilsonii*; 10. *Loropetalum chinense*; 11. *Rhododendron championae* Hook.; 12. *Eurya loquaiiana* Dunn; 13. *Chinamomum micranthum* (Hay.) Hay; 14. *Daphniphyllum oldhami* (Hemsl.) Rosenth; 15. *Adinandra millettii*; 16. *Altingia gralilipes*; 17. *Phyllostachys pubescens* Mazel ex H.de Leh.

表3 拟赤杨林17个物种间分离类型的比例

Table 3 Proportion for different interspecific segregations of 17 species in *A. fortunei* forest

正分离 Positive segregation	随机毗邻 Random segregation	负分离 Negative segregation
100 pairs	36 pairs	0 pair
73.53%	26.47%	0%

拟赤杨群落种间分离在不同种之间存在一定的差异,大多数树种如杉木、黄枝润楠、丝栗栲等与其他物种易形成正分离,而拟赤杨、黄瑞木等树种则与其他树种随机毗邻(图1)。结合拟赤杨群落类型来分析,发生正分离的物种大多数是群落的较优势种,它们的个体相对比较大,盖度高,对生境的适应性和竞争能力比较强,因此容易形成正分离。我们在作拟赤杨群落种间关联分析时发现拟赤杨、黄瑞木等种群的独立性较强,这可能是它们与其他种群随机毗邻关系的原因,还有待于进一步探讨。

3.2 所有种对之间的总体分离特征

对17×17列联表进行 χ^2 检验,结果为: $\chi^2=373.8428$, $d_f=16 \times 16=256$ 。

在目前的统计手册^[9]中,最大的 $d_f=100$,但可以根据 χ^2 分布的概率密度函数计算对应的 χ^2 临界值,从而判断拟赤杨林种中17个物种之间是否存在总体分离。

经计算,当 $d_f=256$, $\chi_{0.05}^2=314.82$,因此, $\chi^2 > \chi_{0.05}^2$,所以拒绝 H_0 ,接受 H_A ,认为所有种对不是总体分离的。也就是说,所研究的17个物种互相交错分布,是全面不分离的状态,从而给出群落的总体分离情况是全面不分离的。

4 讨论

一个群落中共存的多个植物物种相互之间必然发生的这样或那样的关系,被称作种间亲和性。对群落种间关系的研究能有效地反映各物种在群落中的分布情况,物种在某种特定环境下的种间相互关系,以及各物种对生态因子的适应程度,从而为分析群落的结构、类型及群落的演替提供科学依据^[10]。

种间分离和种间联结均可用于研究两个种的联合格局,反映物种在空间上相互吸引或者排斥的性质,两者既有联系又有区别。种间联结更多地与生境关联,它的测定以样方为基础,受样方大小和间隔的影响很大。种间分离的测定则以距离为基础,不受样方大小、间隔甚至形状的影响。种间分离与种间、种内相互作用密切相关,是一个物种相对于另一物种的格局,容易受到小尺度效应的影响,反映了两个物种相互混杂的程度^[1]。

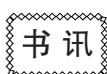
目前,测定种间分离的方法国内运用较少,仅见戴小华等采用Pielou的分离指数,结合 $N \times N$ 最近邻体列联表的截表方法,研究了海南岛霸王岭热带雨林的种间分离^[1],效果良好;柴勇等运用 $N \times N$ 适合性检验法统计分析莱阳河保护区岭罗麦、光序肉实树群落的种间分离^[11],认为该方法与分离指数在反映种间分离时具有大致相同的效果。

张殷波等研究认为,在群落演替的早期,负分离或者正分离现象比较多^[8]。负分离可能是由于不同植物的种子传播在一起形成,正分离则可能是因为种子散播在母树附近而导致同种植物呈聚集分布。随着群落的发展,种内和种间竞争以及自然稀疏作用将导致种间分离的减少。本研究中,拟赤杨群落正分离种对占优势,随机毗邻种对少,没有出现负分离种对,说明该群落还不稳定。

References

- Dai XH (戴小华), Yu SX (余世孝), Lian JY (练璐璐). Interspecific segregation in a tropical rain forest at Bawangling Natural Reserve, Hainan Isand. *Acta Phytoecol Sin* (植物生态学报), 2003, 27 (3): 380~387
- Pielou EC. Segregation and symmetry in two-species populations as studied by nearest relations. *J Ecol*, 1961, 49: 255~269
- 易南斗. 梅花山自然保护区拟赤杨群落调查初报. 闽西职业大学学报, 2001 (3): 72~73
- Cai BL (蔡冰玲), Fan HL (范海兰), Hong W (洪伟), Hong T (洪滔), Wu CZ (吴承祯), Lin SW (林淑伟), Liu LX (刘丽香), Li J (李键). Fractal properties of distribution pattern of *Alniphyllum fortunei* populations in

- the Meihuashan Nature Reserve in Fujian, China. *Chin J Appl Environ Biol* (应用与环境生物学报), 2007, **13** (6): 759~762
- 5 Cai BL (蔡冰玲), Fan HL (范海兰), Song P (宋萍), Hong T (洪滔), Lin SW (林淑伟), Liu LX (刘丽香), Li J (李键), Tang JD (唐佳栋). Spatial distribution pattern of *Alniphyllum fortunei* in Meihuashan Natural Reserve. *Subtrop Agric Res* (亚热带农业研究), 2007, **3** (1): 44~47
- 6 Cai BL (蔡冰玲), Hong T (洪滔), Hong W (洪伟), Wu CZ (吴承祯), Fan HL (范海兰), Lin SW (林淑伟), Liu LX (刘丽香), Li J (李键). Modifiable areal unit problem of species diversity in sub-natural *Alniphyllum fortunei* forest. *Sci Silv Sin* (林业科学), 2008, **44** (8): 137~140
- 7 de Jong P, Aarssen LW, Turkington R. The use of contact sampling in studies of association in vegetation. *J Ecol*, 1983, **71**: 545~559
- 8 Zhang YB (张殷波), Zhang F (张峰). Interspecific segregation in *Elaeagnus mollis* communities. *Acta Ecol Sin* (生态学报), 2006, **26** (3): 737~742
- 9 南京农学院主编. 田间试验和统计方法. 北京: 农业出版社, 1979. 311
- 10 张金屯. 数量生态学. 北京: 科学出版社, 2004. 98~109
- 11 Chai Y (柴勇), Li YY (李玉媛), Sima YK (司马永康). Interspecific segregation of the tree species in *Tarennoidea wallichii*, *Sarcosperma kachinensis* var. *simondii* community in Caiyanghe Natural Reserve. *Acta Bot Yunnanica* (云南植物研究), 2005, **27** (2): 149~155



全球气候变化对亚高山针叶林树木的影响

刘庆 林波 等著 科学出版社出版(2010年3月) 978-7-03-027042-9 ¥96.00

内容简介

全球气候变化对生态系统,包括对森林生态系统带来的一系列影响,已经成为当今国际社会关注的焦点。本书为近年来有关全球气候变化对亚高山针叶林主要树木影响的最新成果总结,共10章,主要内容包括光照、干旱、紫外线B辐射(UV-B)、增温、氮沉降、脱落酸(ABA)、森林凋落物浸提液等单因素或几种因素联合作用对树木形态、解剖、生长、光合生理、抗氧化酶系统等方面的影响。本书90%以上的内容以实验数据为编写基础,不是纯理论与概念的介绍。研究结果有助于深入认识气候变化对森林的影响,有助于森林的保护和可持续管理,对于推动全球气候变化的植物生理生态响应与适应研究具有重要意义。

本书可供从事森林生态学和全球气候变化研究和管理的院校、科研单位的师生和林业科技工作者等参考。

植物凋落物生态学

刘强 彭少麟 著 科学出版社出版(2010年2月) 978-7-03-026343-8 ¥45.00

内容简介

本书提出了建立植物凋落物生态学这门学科的必要性,并构建了植物凋落物生态学的学科基本框架。通过对大量植物凋落物研究文献的综合分析,结合作者的研究成果,本书提出植物凋落物生态学是研究陆地生态系统中有关植物凋落物产生、留存和分解的过程、机理以及与周围环境之间相互关系的科学,是生态系统生态学的一个分支。该学科既在研究植被生态系统的功能动态中有重要意义,也在研究全球变化对陆地生态系统的影响中具有重要意义。

本书共分九章。第一章提出了植物凋落物生态学的含义及其研究内容和方法;第二章是凋落物生物量的研究;第三章是凋落物分解的研究;第四章是凋落物理化性质与凋落物分解速率的研究;第五章是气候因素与凋落物分解速率的研究;第六章是土壤生物与凋落物分解的研究;第七章是影响凋落物分解的多因素综合分析;第八章是全球变化与凋落物分解的研究;第九章是凋落物与植物群落动态的研究。

本书可供从事生态学、环境科学、林业和农业的科研、教学人员,以及高等院校研究生和高年级学生参考。

干旱荒漠区受损生态系统的恢复重建与可持续发展

周志宇 朱宗元 刘钟龄 等著 科学出版社出版(2010年2月) 978-7-03-026682-8 ¥80.00

内容简介

本书主要是国家自然科学基金重点项目“阿拉善干旱荒漠区生态系统受损机制与重建研究(39730100)”和“中澳技术合作内蒙古阿拉善环境整治与管理”项目最新研究成果的总结。全书共12章,概括了干旱荒漠区受损与恢复重建的新进展,提出了干旱荒漠草地植被恢复的系列技术体系,揭示了灌木群落水分分配格局,阐明了优势植物种群的水分利用效率。同时,本书阐述了极端干旱环境下荒漠灌木植物的生物学适应机理及不同灌木利用有效养分的根际过程,阐明了不同草地土壤与植物的营养动态和一些生理指标及不同牧压下土壤和植物的变化特征,揭示了飞播区建植密度的阈值是其健康生长和植被恢复的关键,提出了对干旱荒漠区草地健康进行评价的指标。

本书资料丰富、内容翔实,理论和实践结合紧密,具有较高的理论和应用价值,可作为从事草业科学及农、林、水利、资源环境、土壤等领域科学研究、技术推广等科技人员重要的参考书和工具书。

邮购地址:北京东黄城根北街16号 科学出版社科学出版中心生命科学分社 邮编:100717

联系人:李韶文(010-64000849),周文宇(010-64031535) 网址: <http://www.lifescience.com.cn>