

214-217

植物种群 群落结构 动态量化分析

第18卷第2期

生态学报

Vol. 18, No. 2

1998年3月

ACTA ECOLOGICA SINICA

Mar., 1998

植物种群与群落结构动态量化分析方法研究*

陈晓德

(西南师范大学亚热带生物地理研究所 重庆 400715)

Q948.157

A STUDY ON THE METHOD OF QUANTITATIVE ANALYSIS FOR PLANT POPULATION AND COMMUNITY STRUCTURAL DYNAMICS

Chen Xiaode

(Biogeography Institute, Southwest Normal University, Chongqing, 400715, China)

本文从种群年龄结构的稳定、衰退、增长概念^[1,2]出发,以种群及群落结构参数为依据,运用加权法与条件概率乘法法则,定量推导出衡量种群年龄结构及群落结构的动态指数,该方法克服了过去在植物种群结构动态比较评价中粗放的等级归类划分的缺陷^[3-5],并能解决群落结构动态定量比较评价问题,因而认为有普遍使用的价值。

1 方法分析

1.1 植物种群年龄结构的数量变化动态(V_n)分析。

以静态生命表求取方式^[5]获得的有关乔(灌)木种群的年龄(或相对年龄级,大小级)结构数据不外乎可绘出4类种群年龄结构图形^[1,2]:①金字塔形②近倒金字塔形,③近柱形,④不规则形,无论哪一种图形的种群结构,都可以先从其 n 到 $n+1$ 年龄级(小→大)分析种群内两相邻级间个体数量变化动态(V_n):

$$V_n = \frac{S_n - S_{n+1}}{\max(S_n, S_{n+1})} 100\% \quad (1)$$

式中 S_n 与 S_{n+1} 分别为第 n 与第 $n+1$ 年龄级种群个体数, $\max(\dots)$ 示取括号中数列级大值, $-1 \leq V_n \leq 1$,

V_n 取正、负、零值时分别反映出种群两相邻年龄级个体数量的增长、衰退、稳定的结构动态关系。

当要求得整个种群年龄结构的数量变化动态指数(V_p)时,因种群的年龄结构在级与级之间是以个体数量进行比较的,所以整个种群年龄结构的动态量值(V_p)可由各年龄级间动态 V_n 对年龄级个体数(S_n)进行加权分配而得,且因最大年龄级(K 级)无 V_n ,所以 K 级除外,即:

$$V_p = \frac{1}{\sum_{n=1}^{K-1} S_n} \cdot \sum_{n=1}^{K-1} (S_n \cdot V_n) \quad (2)$$

式(2)中 S_n , V_n 意义与式(1)同, V_p 取正、负、零值意义与式(1) V_n 一致;当用式(2)描述金字塔型或纯粹倒金字塔型种群年龄结构的动态时,因恒有 $S_n > S_{n+1}$ 或恒有 $S_n < S_{n+1}$,所以由式(1)对式(2)简化有:

* 国家“八五”科技攻关计划(85-19-01-11-02),国家自然科学基金重点(39330040)资助项目。

收稿日期:1995-10-16,修改稿收到日期:1997-01-14。

$$V_{p_n} = \frac{1}{k-1} (S_1 - S_K) \quad (3)$$

1.2 考虑种群年龄级数量(K)及种群年龄级个体数(S_n)因素的种群年龄结构动态(V_{p_n})分析

式(2)仅适用于不考虑未来的外部环境干扰的种群结构动态比较,当考虑未来的外部干扰时,则种群年龄结构动态(V_{p_n})还与年龄级数量(K)及各年龄级个体数(S_n)两因素相关,易知,K与S_n对未来的外部干扰存在着“稀释效应”,即种群K与S_n数值越大,对外部干扰的缓冲作用越大;现考虑一种对种群年龄级与年龄级个体数均为随机的、刚足以去掉种群内一个个体的、对种群结构及动态V_{p_n}值构成了“初始影响”的、最低强度的外部干扰,种群承担的风险概率(P)可由K与S_n根据条件概率法则^[7,8]计算: $P = \frac{1}{K \cdot S_n}$, (n=1~k),其中S_n是变量,P也是变量,但只有最大的P值才对种群结构动态V_{p_n}构成最大的影响,因而,在系列变量P值中,只需考查其最大的概率值P_{max},将该极值作为衡量种群结构动态对干扰的敏感性指标,由P表达式可知,要使P极大,须令S_n极小(零除外,因S_n=0时,该年龄级不存在再被干扰排除个体的概率),所以: $P_{\max} = \frac{1}{K \cdot \min(S_1, S_2, S_3, \dots, S_K)}$,min(……)示取括符中数列极小值,由此对式(2)修正为:

$$V_{p_n} = \frac{\sum_{n=1}^{K-1} (S_n \cdot V_n)}{K \cdot \min(S_1, S_2, S_3, \dots, S_K) \cdot \sum_{n=1}^{K-1} S_n} \quad (4)$$

1.3 非完全随机干扰对植物种群结构动态(V_{p_n})的影响及修正

由经验可知,外部对种群年龄结构的干扰在同一年龄级水平的S_n个同等大小个体间往往是随机的,而在不同年龄级水平(即不同大小个体间)却存在强烈的非随机选择性,但无论其怎样变化,均可从现有的种群年龄级结构的龄级间死亡率(d_n)^[6]权重来表达年龄级受非随机干扰的风险概率(P_n):

$$P_n = \frac{d_n}{\sum_{n=1}^K d_n}, (d_n = \frac{S_n - S_{n-1}}{S_n} 100\%)。再因年龄级内每个个体承受干扰的随机概率: \frac{1}{S_n}, 是P_n的条件概$$

率,所以,种群年龄结构受非完全随机干扰的风险概率 $P = \frac{P_n}{S_n}$, (n=1, …, K); 与1.2节同理,P_{max}是种群年龄结构对非完全随机干扰的敏感性指标: $P_{\max} = \max(\frac{P_1}{S_1}, \frac{P_2}{S_2}, \frac{P_3}{S_3}, \dots, \frac{P_K}{S_K})$, max(……)意义同式(1),由此对式(2)修正为:

$$V_{p_n} = \max(\frac{P_1}{S_1}, \frac{P_2}{S_2}, \frac{P_3}{S_3}, \dots, \frac{P_K}{S_K}) \cdot \frac{\sum_{n=1}^{K-1} (S_n \cdot V_n)}{\sum_{n=1}^{K-1} S_n} \quad (5)$$

当对种群年龄结构作静态追踪出现S_n<S_{n-1}部分d_n难以求取时,可用相邻两级d_n均值代替或采用式(4)计算群V_{p_n}值。

1.4 植物群落结构动态(V_c)的量化分析方法

种群与群落的关系是部分与整体的关系,种群动态是群落动态的基础^[9],当群落为单优群落时可以认为V_{p_n}=V_c,当群落为j个优势种群构成的多优群落时,因为j个优势种群构成群落是互为条件的,所以种群间的V_{p_n}值互为条件概率,由概率乘法法则:

$$V_c = V_{p1} \cdot V_{p2} \cdot V_{p3} \cdot \dots \cdot V_{pj} \quad (6)$$

当对群落的外来干扰以种为单位随机进行时,群落结构动态(V_c)承受的风险概率 $P_c = \frac{1}{j}$,所以考虑种群数量对干扰的“稀释效应”对式(6)修正为:

$$V_c = \frac{1}{j} \cdot V_{p1} \cdot V_{p2} \cdot V_{p3} \cdot \dots \cdot V_{pj} \quad (7)$$

V_c取正、负、零值意义同式(1)V_{p_n},并据V_{p_n}取负值所表达的种群动态方向意义规定,如j个V_{p_n}值中存在负

值, V_c 亦取负。

当群落 j 个优势种中存在着 L 个达到共生关系的种间联结组合, 每个组合具有 M_i 个种, 群落结构动态 V_c 承受的风险概率不再是 $\frac{1}{j}$, 应修正为: $P_c = \frac{1}{j - \sum_{i=1}^L M_i + L}$, 由此对式(7)修正为:

$$V_c = \frac{1}{j - \sum_{i=1}^L M_i + L} \cdot V_{p1} \cdot V_{p2} \cdot V_{p3} \cdot \dots \cdot V_{pj} \quad (8)$$

2 应用实例

2.1 重庆缙云山栲树种群大小级结构动态(V_p)比较分析^[4]

重庆缙云山栲树种群结构 V_p 统计见表1。

表1 栲树种群结构 V_p 统计*

Table 1 The statistics of the *Castanopsis fargesii* V_p

样地号 Plot No.	V_p 式(2) Formula(2)	随机干扰 风险极大值 $\frac{1}{K \cdot \min(S_n)}$	V_p 式(4) Formula(4)	非随机干扰 风险极大值 $\max(\frac{P_n}{S_n})$	V_p 式(5) Formula(5)
1	0.6397	7.69×10^{-3}	4.92×10^{-3}	0.1000	0.0640
2	0.5907	5.92×10^{-3}	3.50×10^{-3}	0.0400	0.0236
3	0.6659	8.33×10^{-3}	5.55×10^{-3}	4.82×10^{-2}	0.0321
4	0.6008	8.33×10^{-3}	5.01×10^{-3}	1.88×10^{-2}	0.0113
5	0.7357	7.69×10^{-3}	5.66×10^{-3}	0.0500	0.0368
6	0.6459	5.00×10^{-3}	3.32×10^{-3}	9.4×10^{-5}	0.0061

* 结构数据见[4]

由统计可知: 6个样地中栲树种群结构加权平均变化率由式(2)计 V_p 均 > 0 , 表明种群结构呈增长型, 其增长性大小由种群分布样地号排序: $5 > 3 > 6 > 1 > 4 > 2$; 种群结构对随机干扰的敏感性: $3 = 4 > 1 = 5 > 2 > 6$; 在随机干扰条件下种群结构增长性: $5 > 3 > 4 > 1 > 2 > 6$; 种群结构对非随机干扰的敏感性及在非随机干扰条件下种群大小级结构的生长性均为: $1 > 5 > 3 > 2 > 4 > 6$, 上述分析与原文分析结构大体一致, 但由于量化指标的引入, 对种群结论动态的比较评价更加客观精确。

2.2 湖北当阳市丘陵地区铁坚杉+马尾松混交林群落结构动态(V_c)分析^[5]

由表2、表3统计可知: 现有群落(铁坚杉+马尾松-青冈栎) $V_c > 0$ 表明该群落属于增长性结构群落, 但其结构增长性很低, 潜在群落系列(后6种)从理论上讲可以是现有群落优势种的任意组合, 是隐含在现有群

表2 铁坚杉+马尾松混交林优势种群大小级结构动态 V_p 统计*

Table 2 The statistics of dominant population the V_p in *keteleeria davidiana* + *pinus massoniana* mixed forest

种 群 Populations	V_p 式(2) Formula(2)	随机干扰 风险极大值 $\frac{1}{K \cdot \min(S_n)}$	V_p 式(4) Formula(4)	非随机干扰 风险极大值 $\max(\frac{P_n}{S_n})$	V_p 式(5) Formula(7)
铁坚杉 K. D.	0.3846	0.2000	0.0769	0.1094	0.0421
马尾松 P. M.	0.4146	0.0416	0.0173	0.0331	0.0137
青冈栎 Q. G.	0.5714	0.3333	0.1904	0.2500	0.1429

* 结构数据见[5]; K. D., *Keteleeria davidiana*, P. M., *Pinus Massoniana*, Q. G., *Quercus glauca*

表3 用 V_{μ} 值(上表)由式(7)对现有和潜在群落的结构动态 V_c 及其种重要值和 $\sum IMPV$ 统计Table 3 The statistics of V_c and $\sum IMPV$ to both of present and potential communities by formula(7) with V_{μ}

现有与潜在群落 Present and potential communities	铁+马-青 K+P-Q	铁+马 K+P	铁-青 K-Q	马-青 P-Q	铁 K	马 P	青 Q
$\sum IMPV$	262.85	245.33	183.03	117.34	155.51	89.82	27.52
V_c	2.747×10^{-5}	2.884×10^{-4}	3.008×10^{-3}	9.789×10^{-4}	4.21×10^{-2}	1.37×10^{-2}	0.1429

群落内部的子群落,在一定的条件下将表现出来;在干扰条件下,潜在群落表现的时序是难以预测的,在自然竞争过程中其时序可由组合的种重要值和 $\sum IMPV$ 的大小预测,如此例中其潜在时序由表3中群落名缩写字母表示; $K+P-Q$ (现有群落) $\rightarrow K+P \rightarrow K-Q \rightarrow K \rightarrow P-Q \rightarrow P \rightarrow Q$,其相应的群落结构动态 V_c 值大小排序为: $V_c Q > V_c K > V_c P > V_c K-Q > V_c P-Q > V_c K+P > V_c K+P-Q > 0$,表明,该潜在的群落系列均属增长性结构群落,其结构的生长性 V_c 值随着被干扰排除的种群数增加而提高; $\sum IMPV$ 与 V_c 值大小无关;各类潜在群落表现的时序和相应的动态 V_c 值可为植被评价,林业管理提供决策依据。

参 考 文 献

- 1 [美]EUGENE P ODUM. 生态学基础. 孙儒泳,钱国桢,林浩然等译. 北京:人民教育出版社,1981. 170~174
- 2 尚玉昌,蔡晓明. 普通生态学(上册). 北京:北京大学出版社,1992. 19~24
- 3 梁士楚. 贵阳喀斯特山地云贵鹅耳枥种群动态研究. 生态学报,1992,12(1):53~60
- 4 刘智慧. 四川缙云山栲树种群结构和动态的初步研究. 植物生态学与地植物学报,1990,14(2):119~128
- 5 黄诚意. 湖北当阳市丘陵地区铁坚杉及群落研究. 植物生态学与地植物学报,1991,15(1):56~65
- 6 徐汝海. 昆虫种群生态学. 北京:北京师范大学出版社,1987. 61~83
- 7 曹 彬,徐承德. 概率论与数理统计. 哈尔滨市:哈尔滨工业大学出版社,1993. 38~63
- 8 江仁官. 概率论引论. 北京:北京大学出版社,1994. 1~48
- 9 王伯荪. 植物群落学. 北京:高等教育出版社,1987. 161