

# 植物种间联结关系的研究

刘萍萍, 程积民

(中国科学院 水土保持研究所, 陕西杨陵 712100)  
(水利部)

**摘要:** 对植物种间联结关系的研究进展进行综述, 介绍了其测定方法、测定指标及影响因素, 分析讨论了各种测定指标的特点, 并指出了进一步研究的方向。

**关键词:** 植物种群; 种间联结; 关系

**中图分类号:** S184      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1005- 3409(2000)02- 0179- 06

## Study on Plant Interspecific Association

LIU Ping-ping, CHENG Jimin

(Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences  
and Ministry of Water Resources, Yangling Shaanxi 712100, PRC)

**Abstract:** It was summarized the measurements, indices and factors of plant interspecies association here. These indices have been analyzed. Research trend has been pointed.

**Key words:** plant population; interspecific association; relationship

植物群落是由多个植物种共同组成的。群落内的每一个植物不是孤立存在的, 而是与生境中其它植物相互作用, 相互影响, 并表现为某种种间关系, 如竞争、共生、寄生等。依据群落内共同出现的种对生境选择和要求上的异同以及相互间的吸引或排斥状况, 可将种间关系分成正的、负的关系或不相关等三种类型<sup>[1]</sup>。

种间联结是指不同物种在空间分布上的相互关联性, 通常是由于群落生境的差异影响了物种的分布而引起的<sup>[2, 3]</sup>。种间联结是生态群落的重要特征之一, 是群落形成和演化的基础, 是重要的数量和结构指标, 是种群间相互关系的一种表现形式, 也是群落分类的依据。不同种个体在空间联结程度的客观测定, 对研究群落水平格局的形成, 种群进化和群落演替动态具有重大的意义。在同一环境条件下, 正的联结, 可能在某种程度上指示相互作用的存在对一方或双方种是有利的, 例如互惠共生或资源划分方面的互补; 负的联结, 可能表明不利于一方或双方的相互作用, 例如种间竞争、干扰<sup>[4]</sup>。

## 1 测定方法

本世纪初, Forbes (1907) 首先尝试利用在一系列样方中两个种共同出现的频率定量测定种间联结的方法, 提出了联结系数的定义及计算公式<sup>[5]</sup>。他指出: 为了准确地认识、分析和确定一种联结关系, 测定方法必须解释这样一个事实: 生物学联结是由一些比其它种更易共同出现的种群组成的。这种观点给联结下了一个较广泛的定义, 但没有区别由不同原因引起的联结类型。但是, 生态学家很快认识到定量地表达种间联结的方法具有很大的意义。由此, 采用 Forbes 系数和由其他学者发展的联结系数进行种间联结测定的研究论文大量出现。有些测定方法是基于在一个给定的样方系列中, 两个种共同出现的样方数的观察值与在机率基础上的预期值的比较而得到的<sup>[6~10]</sup>; 有些测定方法是采用不同的相关系数<sup>[11~15]</sup>; 有些测定方法仅仅是种群在一系列样方中共同出现百分率的简单表达<sup>[9, 16, 17]</sup>。

虽然人们很早就注意到植物间的相关现象, 但

\* 收稿日期: 2000- 04- 03

中国科学院重点项目 (KZ952- G1- 219)。

对其定量研究是随着本世纪初概率论与数理统计学的发展和种间联结测定技术在植物生态学、植被分析中获得广泛应用而发展起来的。Fisher R. A. et al (1943), Krylov V. V. (1968), Yates F. E. et al (1972) 运用  $\chi^2$  检验的方法测定了植物群落中种间的联结关系。其后又设计出一系列以不同种群共同出现与否的数据为基础测定种间联结的技术和方法,并在森林、草原、沼泽、灌丛、荒漠等多种类型的植物群落中广泛应用<sup>[18~20]</sup>。与此同时,植物种群的分布格局与种间联结成为研究种间关系和群落结构的重要方法<sup>[21~23]</sup>。Kershaw (1960) 提出的互变量分析法通过将不同种对的邻接格子样方的频数数据合并后,对其均方区组曲线的变化情况进行考察来判别种间的相关性,从而把种间关系与种群分布格局联系在一起<sup>[24]</sup>。

随着两个种群种间联结研究的深入,生态学家越来越认识到:如何确定一种已测定的种间联结关系代表的是两个种之间的真正影响,还是仅仅反映它们在生境选择上的相似性?由于相关系数、联结系数或其它系数都不能解答这些问题,所以这些问题的解决需要其它的分析方法。另外,种间联结的测定若从两个种推广到  $N$  个种,那么它就成为一种群落性的测定。这种测定可以使人们根据物种组成来判断两个群落的相似性。Cole L. G. (1957) 采用  $2 \times 2$  联列表推导了三个种群的联结系数的计算公式,对多个种群联结关系的测定进行了尝试<sup>[25]</sup>。Piebu E. C. (1972) 设计了用  $n \times s$  联列表同时测定  $s(s-2)$  个种间关系的方法<sup>[26]</sup>。但是,这种方法在物种数超过 4 或 5 时应用就不切实际了。通常在这种情况下,人们可能会因为限制种群联合的数目,而不得不丢失一些信息<sup>[27,28]</sup>。在  $2^k$  联列表分析方法的基础上, Piebu E. C. (1974) 提出了用样方中种群的个体数的频率分布与在零假设条件下所期望的个体数分布的方差之比来测定多种间的联结关系<sup>[29]</sup>。这种方法被一些学者在不同的群落中应用<sup>[30~33]</sup>。Schluter D. (1984) 改进了前人的工作,提出了反映多种间关联的方差比值法,为测定多种间的复合相关性提供了新的途径<sup>[34]</sup>。

我国关于植物种间联结性研究始于 70 年代末。阳含熙、卢泽愚(1981)、蒋有绪(1982)等在种间相关测定取样技术、种间关联的理论、应用实践等方面作了大量的开创性工作<sup>[35,36]</sup>。王伯荪、彭少麟、陆阳、杜国祯、李育中等人的工作,使我国在植物种间联结性的研究方面得到进一步发展。王伯荪、彭少麟(1985)基于  $2 \times 2$  联列表,应用联结系数、共同出现

百分率、点相关系数以及  $\chi^2$  统计量度量等常用公式,测定了鼎湖山厚壳桂群落的 15 个主要种群的种间联结性,并且较完整地推导  $\chi^2$  统计量度量公式,同时指出当某个种出现的频率为 100% 时,应用某些测式如将  $b_d$  值加权为 1,效果则更佳<sup>[37]</sup>。杜国祯(1989)采用以空间序列代替时间序列的方法对亚高山草甸植物群落的种间联结关系进行了研究,提出了用定量的盖度值分析种间关系可将样方大小的影响降低到底限度<sup>[38]</sup>。李育中(1991)通过对三种羊草草原群落植物种群种间关联的测定,比较了不同演替阶段植物种群种间关联的程度及其变化,从而提出了羊草草原群落的演替总趋势是向着种间关联最不明显的方向发展<sup>[39]</sup>。李凌浩(1994)等应用互变量分析法、方差比值法、 $\chi^2$  统计量度量对长芒草原群落 10 种主要植物种间关联和种群联合格局进行了研究<sup>[40]</sup>。杜道林(1995)根据  $2 \times 2$  联列表,应用方差比值法、 $\chi^2$  统计量度量、Ochiai 指数、Dice 指数和 Jaccard 指数等系列技术,测定了四川缙云山栲树林的 13 个优势种群间的联结性,并分析了各指标的意义<sup>[41]</sup>。李德志(1996)等将 3 个天然次生林群落中几个主要树木种群的  $RA$  值、 $RD$  值、 $RF$  值、 $IV$  值的比较分析与种间联结系数的计算相结合,较深入的研究了各主要树木种群间的相互关系<sup>[42]</sup>。郭志华(1997)等  $2 \times 2$  联列表以多种指标分别测定了庐山常绿、落叶阔叶混交林 35 个乔木种群在不同抽样面积时的种间联结性,从而研究了样地大小对种间联结性测度的影响以及种间联结性与生态位重叠的关系<sup>[43]</sup>。

种间联结的测定方法很多,它们都各具特色,究竟哪一种方法是最合适的,至今仍没有定论。其中, $\chi^2$  检验与联结系数为大多数学者所采用。种间联结的测定值本身已具有种群生态学特征,如果将  $\chi^2$  值或联结系数值按一定等级绘制成半矩阵、全矩阵和星座图,则能更有效地表达种间的相互关系、分析群落的结构<sup>[44,45]</sup>。在种间联结的测定中,样方的大小和数目对测定结果的影响一直为生态学家所关注<sup>[24,45,46,47]</sup>。然而,由于种间联结的测定,揭示的是竞争的结果或现状,不能揭示其过程,要深入到内部机制的研究,需进行时间序列的取样,如设永久样方。在某种程度上,种间协变和生态位重叠研究可能成为其替代方法<sup>[37,41]</sup>。

## 2 测定指标

### 2.1 成对物种间的联结性测度指标

$2 \times 2$  联列表是种间联结测定的基础,通常是首

先把要测定的成对物种在取样中的存在与不存在数据, 排列成  $2 \times 2$  联列表<sup>[4, 45, 48]</sup> (表 1), 再将联列表内的数据代入有关数学公式进行计算, 最后根据计算结果来分析确定成对物种间的联结程度。

表 1 中的  $a$  为两个种均出现的样方数;  $b, c$  分别为仅有种 1 或种 2 出现的样方数;  $d$  为两个种均未出现的样方数;  $n$  为总样方数。为使符号统一, 以方便种间联结测定公式的应用, 可令种 1 大于种 2, 以使  $a+c \geq a+b$ , 否则需变换种 1、种 2 的命名。

表 1  $2 \times 2$  联列表模式

		种 1		
		+	-	
种 2	+	$a$	$b$	$a+b$
	-	$c$	$d$	$c+d$
		$a+c$	$b+d$	$n$

(1)  $X^2$  统计量度量<sup>[3, 37, 49, 50]</sup>。 $X^2$  统计量度量是用来确定实测值与在机率基础上预期值之间偏差的显著程度。在种间联结测定的应用中, 由于取样为非连续取样, 自由度为 1, 因此,  $X^2$  统计量度量采用 Yates 的连续校正公式计算:

$$X^2 = \frac{(ad - bc - 0.5n)^2 n}{(a+b)(a+c)(b+d)(c+d)}$$

$X^2$  值本身是没有负值的, 判定是正还是负的方法是:  $(ad - bc) > 0$  表示正联结,  $(ad - bc) < 0$  表示负联结。对于正联结, 是以低的  $P$  值指示高的种间联结, 经  $X^2$  值查表后, 若  $0.01 < P < 0.05$ , 说明种间有一定的正联结; 当  $P < 0.01$  时, 说明种间联结明显, 除偶然因素外, 两个种群应有明显的生态联结原因; 当  $P > 0.05$ , 则说明种群间虽有某些联系, 但基本上是独立分布的。对于负联结, 可以不管负号查表, 结果也是以低的  $P$  值指示高的种间联结。

(2) 联结系数  $AC$  (association coefficient)<sup>[37, 51]</sup>。联结系数  $AC$  用来进一步检验由  $X^2$  统计量所测出的结果及说明种间联结程度, 其计算公式如下:

若  $ad \geq bc$ , 则  $AC = (ad - bc) / (a+b)(b+d)$   
 若  $bc > ad$  且  $d \geq a$ , 则  $AC = (ad - bc) / (a+b)(a+c)$   
 若  $bc > ad$  且  $d < a$ , 则  $AC = (ad - bc) / (b+d)(d+c)$

$AC$  的值域为  $[-1, 1]$ ,  $AC$  值越趋近于 1, 表明物种间的正联结性越强; 相反,  $AC$  值越趋近于 -1, 表明物种间的负联结性越强;  $AC$  值为 0, 物种间完全独立。

(3) 共同出现百分率  $PC$  (percentage co-

occurrence)<sup>[37, 52]</sup>。共同出现百分率  $PC$  是用来测度物种间正联结程度的, 其计算公式为:

$$PC = a / (a + b + c)$$

$PC$  的值域为  $[0, 1]$ , 其值域越趋近于 1, 则表明物种间的正联结性越强。

(4) 点相关系数 (point correlation coefficient)<sup>[37, 53]</sup>。点相关系数  $PCC$  的值域为  $[-1, 1]$ , 其计算公式为:

$$\psi = \frac{ad - bc}{\sqrt{(a+b)(a+c)(b+d)(c+d)}}$$

(5) 其它测度指标<sup>[9, 54]</sup>

Ochiai 指数:

$$OI = a / \sqrt{(a+b)(a+c)}$$

Dice 指数:  $DI = 2a / (2a + b + c)$

## 2.2 多物种间联结显著性检验<sup>[34, 40]</sup>

方差比率法 ( $VR$ ) 可同时检验多物种间的关联, 可以说明在某地出现的多个物种间是否存在显著联结性。先做零假设, 即种群间无显著关联, 按下列公式计算检验统计。

$$VR = \frac{S_T^2}{\sigma_T^2}$$

其中:

$$S_T^2 = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (T_j - t)^2$$

$$\sigma_T^2 = \sum_{i=1}^S P_i (1 - P_i)$$

$$P_i = \frac{n_i}{N}$$

式中:  $S$ ——总的物种数;  $N$ ——总的样方数;  $T_j$ ——样方  $j$  内出现的物种数;  $n_i$ ——物种  $i$  出现的样方数;  $t$  为样方中种的平均数。

$VR = 1$ , 复合种间关联性是独立的;

$VR > 1$ , 多物种间表现为正的相关;

$VR < 1$ , 多物种间表现为负的相关。

为检验相关性的显著性, 采用统计量  $W$  ( $W = (N)(VR)$ ) 进行  $X^2$  检验, 如种间独立, 则  $X_{0.05, N}^2 < W < X_{0.95, N}^2$ 。

## 2.3 几种测度指标的特点

方差比率法 ( $VR$ ) 揭示出多物种间总体的联结性,  $X^2$  统计量度量揭示出成对种群间联结的性质和显著程度,  $PC$ 、 $OI$  和  $DI$  等指数表示种对相伴随出现的机率和联结性程度。

$X^2$  统计度量值由于有明确的指标 ( $P < 0.01$  和  $P < 0.05$ ), 能比较准确客观地表现种间联结性; 而联结系数  $AC$  和共同出现百分率  $PC$  却能体现出那些由  $X^2$  检验证明不显著的联结性。  $AC$  值和  $PC$  值

虽能反映种间联结性的相对强弱,但对种间联结性强弱的等级划分缺少统一的标准;并且在物种出现次数较少时,特别是当  $a=0$  时,  $AC$  值和  $PC$  值均会夸大物种间的联结性,甚至会得出不同的结论。在种数较多和取样数目较大时,  $PC$  值虽能避免联列表上的高  $d$  值所导致的联结系数  $AC$  偏高的缺点,但  $PC$  仅能较准确地反映物种间的正联结性的强弱。因为是在  $a$  值较小时,忽视  $d$  值的影响,就夸大了  $a, b, c$  值的作用,从而会夸大负联结性的强弱<sup>[43]</sup>。

当某一个种的频度为 100% 时,  $AC$ 、 $PCC$  两个测度值均为 0, 就无法反映该种与其它种间的联结情况。此时,计算  $AC$ 、 $PCC$  时可将  $b, d$  值均设为 1, 其结果将客观的反映两个种的联结关系。对于  $\chi^2$  统计量度量的计算,也可进行这样的处理<sup>[37]</sup>。

$OI$ 、 $DI$  和  $PC$  实质上是等效的,其值愈高,物种对同时出现的机率越大,但并非一定是指示正联结;反之,其值低,只说明种对出现的机率低,但并非一定意味着负联结。它们都不受  $d$  的影响,不会出现  $AC$ 、 $PCC$  那样受  $d$  影响而造成的偏差<sup>[1, 3, 37, 54, 55]</sup>。其中  $OI$  或  $DI$  数值较大,便于比较;而  $PC$  在样方数较少时,常是无偏的<sup>[56, 57]</sup>。

### 3 影响因素

基于  $2 \times 2$  联列表的种间联结测度由于采用定性数据,涉及的是两种属性,即存在与不存在,所以其测定结果受样方大小和数目多少影响很大<sup>[45, 46, 47]</sup>。物种间的相互作用是有一定空间范围的,一旦超过此界限,它们就不再有相互作用。对于一个植物群落而言,如果样方是足够小的,则种间联结的测定结果均表现为负联结;而样方足够大时,几乎所有种都出现在样方中,那么种间联结的测定结果则

均表现为正联结<sup>[3]</sup>。因此,一个合适的样方大小便成为种间联结测定的关键。然而,多大的样方比较合适却很难确定,对不同的群落也不可能有一致合适的样方大小。据研究,在南亚热带常绿阔叶林内,种间联结性测定的取样面积是  $50 \sim 100 \text{ m}^2$  为宜,取样数目以  $30 \sim 50$  个为宜<sup>[37]</sup>。而在温带落叶阔叶林内,由于物种数目和群落结构比前者少和简单,故取样面积和数目可适当减少,有人采用点四分法调查,取样数目为 30 个<sup>[42]</sup>。因此,在取样时应考虑研究区域内物种和生境的变化幅度来确定群落的最小适合面积。另外,在进行种间联结测定时,如果采用多态或定量数据而非二元数据,也有可能把样方大小的影响控制在最低限度<sup>[38]</sup>。

### 4 结 论

种间联结是生态群落的重要特征之一,是群落形成和演化的基础,是重要的数量和结构指标,是种群间相互关系的一种表现形式,也是群落分类的依据。由于植物种间关联的研究,可以确定植物种间关系,揭示群落演替中植物替代关系的机制,为生产实践中的植被恢复与重建理论依据,因而无论在理论上或是在实践上都具有重要意义。

各种种间联结的测定方法及其指标都各具特色,均具有应用价值。种间联结的测定值本身已具有种群生态学特征,如果将  $\chi^2$  值或联结系数值按一定等级绘制成半矩阵、全矩阵和星座图,则能更有效地表达种间的相互关系、分析群落的结构。但是,各种种间联结的测定值所指示的种间关系只是说明竞争的结果或现状,不能揭示其过程,种间协变和生态位重叠研究有可能成为其替代方法。

### 参考文献

- Hubalek Z. Coefficient of association and similarity based on binary data: an evaluation[J]. *Biological Reviews*, 1982, 57(3): 669~ 689
- 王伯荪. 植物种群学[M]. 广州: 中山大学出版社, 1989
- Greig-Smith P. *Quantitative Plant Ecology*[M]. 3rd ed. Blackwell Scientific publications, 1983
- Cox G.W. 普通生态学实验手册[M]. (蒋有绪译), 北京: 科学出版社, 1979
- Forbes S.A. On the local distribution of certain Illinois fishes: an essay in statistical ecology[J]. *Bull, Illinois State Lab Nat Hist*, 1907, 7(2): 237~ 303
- Shelford V.E. Principles and problems of ecology as illustrated by animals[J]. *Jour. Ecol*, 1915, 3(1): 1~ 23
- Micheal E.L. Marine ecology and the coefficient of association: a plea in behalf of quantitative biology[J]. *Jour. An. Eco.*, 1920, 8(1): 54~ 59
- Forbes S.A. Method of determining and measuring the association relation of species[J]. *Science N. S.*, 1925, 61(3): 524~ 540

- 9 Dice L R. Measures of the amount of ecological association between species[J]. *Ecology*, 1945, 26(3): 297~ 302
- 10 Cole L G. The measurement of interspecific association[J]. *Ecology*, 1949, 30(4): 411~ 421
- 11 Stewart G and Keller W. A correlation method for ecology as exemplified by studies of native desert vegetation[J]. *Ecology*, 1936, 17(3): 500~ 514
- 12 Nash C B. A associations between fish species in tributaries and shore waters of western Lake Erie[J]. *Ecology*, 1950, 31(3): 561~ 566
- 13 Goodall D W. Objective methods for the classification of vegetation, I. The use of positive interspecific correlation Austral[J]. *Jour Bot*, 1953, 1(1): 39~ 63
- 14 Goodall D W. Objective methods for the classification of vegetation III An essay in the use of factor analysis Austral[J]. *Jour Bot*, 1954, 2(2): 304~ 324
- 15 De Vries D M., J P. Baretta, and G. Hamming Constellation of frequent herbage plants, based on their correlation in occurrence[J]. *Vegetation*, 1954, 6(5): 105~ 111
- 16 Dice L R. *Natural Communities*[M]. Ann Arbor: Univ. Mich. Press, 1952
- 17 Wittaker R H. A study of summer foliage insect communities in the Great Smoky Mountains[J]. *Ecol Monog*, 1952, 22(1): 1~ 44
- 18 Fisher R A. et al The relation between the number of species and the number of individuals in a random sample of an animal population[J]. *J. Animal Ecol*, 1943, 12(1): 42~ 58
- 19 Krylov V V. Species association in plankton[J]. *Oceanology*, 1968, 8(2): 243~ 251
- 20 Yates F E. et al Integration of the whole organism-A foundation for a theoretical biology. Challenging biological problem: direction towards their solutions[M]. Oxford Univ. Press, New York, 1972
- 21 Hale M E., Jr. Phytosociology of corticous cryptogams in the upland forests of southern Wisconsin[J]. *Ecology*, 1955, 36(1): 45~ 62
- 22 Bray J R. A study of mutual occurrence of plant species[J]. *Ecology*, 1956, 37(1): 21~ 28
- 23 Greig-Smith P. *Quantitative Plant Ecology*[M]. London, 1957
- 24 Kershaw K A. The detection of pattern and association[J]. *J. Ecol*, 1960, 48(2): 233~ 242
- 25 Cole L C. The measurement of partial interspecific association[J]. *Ecology*, 1957, 38(2): 226~ 233
- 26 Pielou E C. 2k contingency tables in ecology[J]. *Journal of Theoretical Biology*, 1972, 34(2): 337~ 352
- 27 Pielou D P. and Pielou E C. A association among species of infrequent occurrence: the insect and spider fauna of polyporus betulinus (Bulliard) Fries[J]. *Journal of Theoretical Biology*, 1968, 21(2): 202~ 216
- 28 Simberloff D S. and E F. Connor Missing species combinations[J]. *American Naturalist*, 1981, 118(3): 572~ 578
- 29 Pielou E C. *Population and community ecology: principles and methods*[M]. Gordon and Breach, New York, U. S. A., 1974
- 30 Diamond J M. & R M. May Species turnover rates on islands: dependence on census interval[J]. *Science*, 1977, 197(2): 266~ 270
- 31 Jarvinen O. Geographical gradients of stability in European land birds communities[J]. *Oikos*, 1979, 38(1): 51~ 69
- 32 Taylor W D. Sampling data on the bacterivorous ciliates of a small pond compared to neutral models of community structure[J]. *Ecology*, 1979, 60(5): 876~ 883
- 33 Schluter D. Distribution of Galapagos ground finches along an altitudinal gradient: the importance of food supply[J]. *Ecology*, 1982, 63(5): 1504~ 1517
- 34 Schluter D. A variance test for detecting species association with some example application[J]. *Ecology*, 1984, 65(3): 998~ 1005
- 35 阳含熙, 卢泽愚. 植物生态学的数量分类方法[M]. 北京: 科学出版社, 1981
- 36 蒋有绪. 川西亚高山森林植被的区系、种间关联和群落排序的生态分析[J]. *植物生态学与地植物学丛刊*, 1982, 6(4): 281~ 301
- 37 王伯荪, 彭少麟. 南亚热带常绿阔叶林种间联结测定技术研究 I. 种间联结测式的探讨与修正[J]. *植物生态学与地植物学丛刊*, 1985, 9(4): 274~ 285
- 38 杜国桢, 张大勇. 草本植物群落中种间联结测定技术的研究[J]. *生态学杂志*, 1989, 8(4): 59~ 61
- 39 李育中. 三种类型草地植物种间关联的测定与比较[J]. *生态学杂志*, 1991, 10(6): 6~ 10
- 40 李凌浩, 史世斌. 长芒草原群落种间关联与种群联合格局的初步研究[J]. *生态学杂志*, 1994, 13(3): 62~ 67

- 41 杜道林,等. 缙云山亚热带栲树林优势种群间联结性研究[J]. 植物生态学报, 1995, 19(2): 149~ 157
- 42 李德志,等. 天然次生林群落中主要树木种群间联结关系的研究[J]. 植物生态学报, 1996, 20(3): 263~ 271
- 43 郭志华,等. 庐山常绿阔叶、落叶阔叶混交林乔木种群间联结性研究[J]. 植物生态学报, 1997, 21(5): 424~ 432
- 44 Agnew A D Q. The ecology of *Juncus effusus* L in North Wales[J]. J. Ecology, 1961, 49(1): 83~ 102
- 45 Chapman S B. 植物生态学的方法[M]. 阳含熙等译. 北京: 科学出版社, 1981
- 46 彭少麟,王伯荪. 南亚热带常绿阔叶林种群间联结测定技术研究 II. 种群间联结研究的取样技术[M]. 热带亚热带森林生态系统研究, 1985
- 47 E C. Pielou. 数学生态学[M]. (卢泽愚译)北京: 科学出版社, 1988
- 48 王伯荪,彭少麟. 鼎湖山森林群落分析 II. 物种联结性[J]. 中山大学学报(自然科学版), 1983(4)
- 49 Kershaw K A. and J H. Looney Quantitative and Dynamic Plant Ecology[M]. Edward Arnold Publication. 1985
- 50 Whittaker R H. 植物群落排序, 王伯荪译[M]. 北京: 科学出版社, 1986
- 51 Hurlburt S H. A coefficient of interspecific association[J]. Ecology, 1969, 50(1): 1~ 9
- 52 Whittaker R H. and Fairbanks C. A study of plankton copepod communities in the Columbia Basin, southeastern Washington[J]. Ecology, 1958, 39(1): 46~ 65
- 53 De Jong P. Aarsson L W. & Turkington R. The use of contact sampling in studies of association in vegetation[J]. J. Ecology, 1983, 71(4): 545~ 560
- 54 Ochiai A. Zoogeographic studies on the soeid fishes found in Japan and its neighbouring regions[M]. Bulletin Japanese Soc Sci Fisheries 1957
- 55 Janson S. and Vegelius J. Measures of ecological association[J]. Oecologia, 1981(3): 371~ 376
- 56 Goodall D W. Sample similarity and species correlation. In ordination and classification of communities (P H. Whittaker, Ed) [M]. W. Jank, The hagues, 1972: 105~ 154
- 57 Jhon A. 拉德维格, James F. 蓝诺兹. 统计生态学[M]. 李育中等译. 呼和浩特: 内蒙古大学出版社, 1990

### (上接封三)

- 26 Study on Artificial Vegetation Modes Planted and Fast Construction of Yan'er Valley ..... XUE Zhi-de YANG Guang LIANG Yi-m in et al (128)
- 27 A Discussion on the Theory Basis of Restorative Ecology of Vegetation and Its Use in Guiding the Reconstruction of Vegetation in Loess Plateau ..... YANG Guang WANG Yu (133)
- 28 A Discussion On Spatial Arrangement of Vegetation of Artificial Construction and the Main Construction Techniques ..... YANG Guang XUE Zhi-de LIANG Yi-m in (136)
- 29 Study on Theory and Technique for the Mixed Plantation of *Platycladus orientalis* and *Amorpha fruticosa* ..... XUE Zhi-de LIANG Yi-m in YANG Guang (140)
- 30 Development Strategy of Economic Forest and Fruit Tree in Loess Hilly and Gully Region of Northern Shaanxi ..... BA I Gang-shuan DU She-ni LI Zhi-xi (143)
- 31 Production Situation and Developing Countermeasure of Greenhouse-vegetable in Yan'an ..... DU She-ni BA I Gang-shuan (147)
- 32 Resource of the Wild Vegetable and Development and Utilization on the Loess Plateau ..... DU She-ni BA I Gang-shuan (150)
- 33 Strive Planting Tree and Grass Before Eliminate Sloping Land and Establish Fine Environment of Woods and Husbandry —Thinking Concerning Premier Zhu's Instructions ..... YAN Rang ZHANG Jin-shan (155)
- 34 Strategic Thinking of Animal Husbandry Development in Hilly Areas in North of Shaanxi ..... QUAN Song-an WANG Ji-jun (157)
- 35 Establish Innovative Mechanism and Accelerating the Whole Development of Project of Beautiful Mountain and River in Yan'an Region ..... CAO Shi-xiong (161)
- 36 Thinking for Returning the Grain Plots to Forest and Grass Lands in Soil and Water Loess Areas on Loess Plateau ... PENG Ke-shan (164)
- 37 A Land Resource Dynamic Monitoring Information System  
—A Land Evaluation Case Study of Seven Villages and Towns in Yan'an/Ansai ..... JIAO Feng YANG Qin-ke LEI Hui-zhu (172)
- 38 Primary Report on Monitoring Sediment in Yan'er Gully Valley ..... JU Tong-jun LIU Pu-ling ZENG Shi-qing et al (176)
- 39 Study on Plant Interspecies Association ..... LIU Ping-ping CHENG Ji-m in (179)