



生态学野外
及实验室
实验手册

-33

[英] S. D. 雷坦 G. L. A. 弗赖伊著 科学出版社

内 容 简 介

本书详细阐述了56个实验，并附加可作为实验课题的大量建议，共有能实施的教学实验约200个。全部实验分属五个部分：取样，空间格局，种群，种群相互作用和群落分析。实验内容涉及到现代生态学研究方法的各个方面，如生物数量估计中的取样方法与取样效应，各种空间格局的测定技术，种群年龄特征生命表和时间特征生命表的组建，种内种间关系测定，生物进化方面的植物次生性物质的作用与拟态、伪装、形变的检验，群落多样性测定，植被 χ^2 关联分析，排序等，都有具体方法及数据处理技术的介绍。实验生物以高等植物、昆虫为主，还包括真菌、藻类、甲壳类、软体动物、鸟类与哺乳动物等。

本书不仅是大学普通生态学、植物生态学、动物生态学、昆虫生态学等实验教学的参考书，也可供生态学研究人员，农林部门从事科研、生产和植保工作的人员参考。

Stephen D. Wratten and Gary L.A. Fry

FIELD AND LABORATORY EXERCISES IN ECOLOGY

Edward Arnold, 1980

生态学野外及实验室实验手册

〔英〕S.D.雷坦 G.L.A.弗赖伊 著

吴千红 等 译

蔡晓明 校

责任编辑 彭小幸

科学出版社 出版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1986年8月第一版 开本：787×1092 1/32

1986年8月第一次印刷 印张：8 3/4

印数：0001—4,000 字数：191,000

统一书号：13031·3266

本社书号：4798·13-6

定价：2.05元

译 者 的 话

本书作者 S.D.Wratten 是南安普敦大学的生态学讲师，曾是剑桥大学应用生物学系的助理讲师和英国陆军后勤兵学校的动物学讲师；G.L.A.Fry 是苏格兰 Dalbeattie 自然观察站的地方工作人员，曾任南安普敦大学的生态学研究

员。

现代生态学已越来越成为一门定量的科学。学生们已经不满足于一般的描述性概念介绍，迫切希望通过定量实验来验证和加深理解生态学中的基本规律与基本原理。两位作者主要根据自己的教学经验以及近代生态学研究法的发展，编写了这本学生实验手册。书中所列实验，已经全部用在他们的教学当中。全书内容比较全面、新颖，特别是综合了当前数量生态学的主要研究方法，对初学者掌握和应用数学技术，从而分析生物的数量变动很有帮助。这既是一本应时的教学参考书，也对从事生态学研究的人员有一定的参考价值。

本书的优点在于，成套实验的共同原理部分概念明确，数学处理技术阐述得浅显易懂；每个实验所需设备简单，准备工作介绍详尽，操作步骤具体，易于读者参照使用；成套实验共同的讨论和结论部分，又能开拓思路，引导读者举一反三，透过实验现象去理解有关的基本理论，使得理论和实际很好地结合；深入研究部分提出的扩大实验的很多建议，更便于读者因地制宜，根据当时当地的实际情况，去选择实验生物，进行性质类同的实验。译者自 1982 年以来，在生

态学实验教学中，已经几次应用本书中的近 20 个实验。其中有未知密度种群的取样数量估计，标记重捕法模拟，最近邻体法检验，种群生命表组建，捕食者对被食者数量变化的数量反应和功能反应的测定等等。教学效果是理想的，能明显地帮助学生更好地掌握理论课的内容。

本书译稿蒙北京大学蔡晓明副教授仔细校阅，并解答许多疑难问题。翻译过程中，多承复旦大学周纪纶教授热情帮助，解析植物生态学方面的难题；复旦大学黄文几教授、忻介六教授、苏德明教授亦随时悉心指教。在此谨致衷心的感谢。

本书 43—50 的八个实验由邵则信同志翻译，其余部分由吴千红翻译。限于业务水平，难免有错误之处，敬请读者批评指正。

译者

1984年6月

前 言

本书旨在说明，大学的植物及动物生态学实验教学中，能够怎样应用现代数学技术来论证生态学中的许多基本原理。定量技术正在生态学中不断发展，但在课堂实验中这种技术的应用则常受教学时间、实验材料、班级人数和准备所需时间的限制。本书所列的许多实验力图说明，本书水平的实验生态学教学，如何能在三小时内完成，而不受上述限制，并且不限于描述性的研究。

生态学定义为一门野外学科，但有很多分析的因素适合在实验室研究和模拟。实际上，查阅现代杂志时就会发现，多数生态学研究既需要实验室，亦需要野外。本书在实验的安排上就照顾到这点，野外和实验室实验互补成对，每对实验根据实验条件及调查项目的限制选用实验生物和技术。例如捕食作用动态的成对实验，实验室研究模拟捕食者的短期搜索行为，而野外实验则涉及捕食者对它们被食者数量变化的长期和大规模的数量反应。后者，即数量反应实验只有在野外才能提供必要的真实性。

作为每对实验的引言，概括了实验所依据的基本原理。每个实验，详细叙述了有关设备、准备和步骤。在共同的讨论和结论部分，说明了收集到的数据，向读者提供已经发表的先例，使结论与一般生态学的论述相一致。如此安排实验，是经过仔细考虑的，试图让学生能在有限的时间内，收集到能说明含意深刻的生态学结论的资料。近年来，教师们经常要求提供这样有指导性的研究方法。在这一水平上很多

实验是第一次以实践的方式编入现代生态学课目的，并且使用了广泛的数学技术。由于引言及结论部分所包括的最新内容，本书可作为学生手册，而不是教师的指南。

对 56 个实验详细地加以叙述，外加每对实验的有关研究的大量建议，这样，本书几乎有大约二百个可使用的实验题目。其中有很多可扩大作为小型的研究课题，或者在有较多时间时，可作为野外实验内容。在略作变动和附加准备后，很多野外实验可编作为室内实验。

为了避免植物和动物生态学的人为分隔，全部实验又再分为如下五个部分：取样、空间格局、种群、种群相互作用和群落生态学。每一部分的开始都有简单的引言，指出实验如何进行，但限于篇幅，并不能介绍整个生态学领域。

在这些实验中所用的实验生物都是出现在英国的，但其它温带地区有关的种也能容易地替代，其实验方法的基本原理不受影响。本书实验对象包括了真菌、藻类、高等植物、甲壳类动物、昆虫、软体动物、鸟类和哺乳动物等，可根据研究和教学的需要从中选择实验生物与实验项目。凡有可能，每个实验的步骤都有解释，但不引用已做过的实验作为例子，因为列举这种例子往往会给人以“正确”答案的印象。显然，详细的结果会随着实验条件而变化，因此在讨论部分，用代数记号表示结果，只是表明结果的一般性趋势。每个实验都为分析结果提供了相应的统计技术，关于详细的检验理论基础，读者可参阅统计学教科书 (Bailey, 1959; Parker, 1979)。实验中的一些无脊椎动物必须鉴别到目、科时，可参阅 Lewis 和 Taylor(1967)、Chinery(1973) 专著中的检索表。如果要了解更多的野外实验技术和设备，在 Chapman(1975)(植物) 和 Southwood(1971)(动物) 的有关著作中曾有介绍。

感谢我们的同事 J.A.Allen 博士和 R.J.Putman 博士，J.A.Allen 提供了实验四十一和四十三的设想，R.J.Putman 提供了实验五十五的设想；感谢 S.Meacock 夫人对本书稿的有益批评，M.Lovell 夫人为大部分手稿打字。感谢 J.Clayton 夫人同意我们参考她的一个未发表的方法。我们将十分高兴地接受关于这些实验成功或者不成功的评论，因为这将有助于我们进一步改进。

S.D.W.

G.L.A.F.

汉普郡，南安普敦

1979年

目 录

第一部分 取样	1
引言	1
实验一和二 取样数量	2
原理	2
实验一 未知密度种群的取样.....	5
实验二 样方(块)数量对植被取样的效应.....	7
讨论和结论	8
深入研究	9
实验三和四 样方(块)大小效应	10
原理	10
实验三 样方(块)大小对植物关联的效应.....	11
实验四 点样方直径对草本植被盖度估计的效应.....	13
讨论和结论.....	16
深入研究.....	17
实验五和六 植被的定量测定	18
原理.....	18
实验五 密度定量估计.....	19
实验六 植被盖度的估计.....	21
讨论和结论.....	24
深入研究.....	25
实验七和八 用标记重捕法估计动物种群的密度	27
原理	27
实验七 用Lincoln指数法估计拟谷盗(<i>Tribolium</i> spp.) 的数量	33
实验八 野外有限范围内昆虫数量的估计	35

讨论和结论	36
深入研究	37
第二部分 空间格局	39
引言	39
实验九和十 Taylor 指数法则.....	41
原理	41
实验九 两种蚜虫在寄主植物叶子之间的聚集特点.....	42
实验十 械长镰管蚜的聚集及其原因.....	44
讨论和结论	47
深入研究	48
实验十一和十二 最近邻体法	49
原理	49
实验十一 叶面上蚜虫种类的分布.....	49
实验十二 根据到最近邻体及第 n 最近邻体的距离测定	
蚁巢的分布.....	52
讨论和结论	54
深入研究	55
实验十三和十四 格局的测定：与Poisson 分布比较	
.....	56
原理	56
实验十三 饲料中拟谷盗的分布.....	59
实验十四 陷阱诱捕器网格内甲虫的分布.....	61
讨论和结论	62
深入研究	63
实验十五和十六 格局规模的测定	65
原理	65
实验十五 落叶层土壤节肢动物格局的测定.....	67
实验十六 火烧迹地带石南灌木林的格局测定.....	69
讨论和结论	71
深入研究	73

实验十七和十八 方向性格局的测定	74
原理	74
实验十七 海岸植被条状格局测定	76
实验十八 湖岸植被的方向性格局测定	78
讨论和结论	79
深入研究	81
第三部分 种 群	83
引言	83
实验十九和二十 时间特征生命表	84
原理	84
实验十九 杂拟谷盗实验种群的存活曲线	86
实验二十 林地树木的存活曲线	88
讨论和结论	90
深入研究	91
实验二十一和二十二 形态变异	93
原理	93
实验二十一 犬螺的生态适应性	94
实验二十二 帚石南的周期性变异	95
讨论和结论	96
深入研究	98
实验二十三和二十四 植物的自我拥挤效应	99
原理	99
实验二十三 油菜苗的自疏现象	100
实验二十四 森林树木的种内拥挤效应	101
讨论和结论	102
深入研究	104
实验二十五和二十六 蚜虫种内竞争现象	105
原理	105
实验二十五 豆蚜繁殖率和有翅迁移蚜产生与密度的 关系	105

实验二十六 蚜虫飞行活动与种群密度的关系	109
讨论和结论	110
深入研究	111
实验二十七和二十八 昆虫飞行	112
原理	112
实验二十七 蛾类的翅负荷与迁飞	114
实验二十八 昆虫飞行的阈限	118
讨论和结论	120
深入研究	121
实验二十九和三十 昆虫对寄主植物的发现和识别	122
原理	122
实验二十九 鳞翅目幼虫识别寄主	123
实验三十 不同颜色诱捕器对飞翔昆虫的引诱力	125
讨论和结论	127
深入研究	127
第四部分 种群相互作用	130
引言	130
实验三十一和三十二 捕食者对被食者数量变化的反应	132
原理	132
实验三十一 捕食者对被食者密度变化的功能反应的特性	133
实验三十二 瓢虫(鞘翅目瓢虫科)对被食者数量变化的数量反应	137
讨论和结论	138
深入研究	140
实验三十三和三十四 甲壳类动物的种间竞争	140
原理	140
实验三十三 水蚤种群中的种间竞争	141

• • •

实验三十四 藤壶中的种间竞争	143
讨论和结论	144
深入研究	145
实验三十五和三十六 植食动物放牧是植物竞争	
的一个因子	145
原理	145
实验三十五 模拟放牧对各种植物的效应	146
实验三十六 植食动物放牧作为一种生态因子	149
讨论和结论	151
深入研究	152
实验三十七和三十八 他感作用	153
原理	153
实验三十七 大麦对杂草的他感作用	154
实验三十八 他感作用的野外调查	157
讨论和结论	158
深入研究	159
实验三十九和四十 贝氏拟态	161
原理	161
实验三十九 贝氏拟态是否频度制约?	162
实验四十 作为贝氏拟态,与不可食模型只是略微相	
象是否具有生存价值?	165
讨论和结论	167
深入研究	168
实验四十一和四十二 伪装和形变选择	168
原理	168
实验四十一 野生鸟类对被食者伪装和形变的选择 ..	169
实验四十二 野生鸟类对人造被食者的形变选择	171
讨论和结论	173
深入研究	173
第五部分 群落分析	175

引言	175
实验四十三和四十四 多样性	176
原理	176
实验四十三 淡水无脊椎动物的多样性	177
实验四十四 林地树木的多样性	178
讨论和结论	180
深入研究	182
实验四十五和四十六 种间关联的 χ^2 分析	183
原理	183
实验四十五 英国鸟类的 χ^2 关联	185
实验四十六 森林植物区系的 χ^2 关联	188
讨论和结论	189
深入研究	190
实验四十七和四十八 生物有机体在时间和空间 的分布及丰盛度	191
原理	191
实验四十七 蛾类群落中物种的均匀性和丰盛度	193
实验四十八 野外群落中昆虫的丰盛度和分布	196
讨论和结论	198
深入研究	198
实验四十九和五十 潜叶蛾和蜗牛种群死亡率的 测定	200
原理	200
实验四十九 圣栎潜叶蛾 (<i>Phyllonorycter messanielle</i>) 死亡率的 k -因子分析	202
实验五十 蜗牛死亡率与壳色是否相关	205
讨论和结论	207
深入研究	209
实验五十一和五十二 排序	210
原理	210

实验五十一 淡水无脊椎动物的排序.....	212
实验五十二 林地地表植物的排序.....	214
讨论和结论.....	216
深入研究.....	217
实验五十三和五十四 植被的分类	218
原理.....	218
实验五十三 用数量分类法划分主要植被类群.....	220
实验五十四 林地地表植物区系的分类.....	221
讨论和结论.....	224
深入研究.....	225
实验五十五和五十六 植物-植食动物相互作用的生态学	228
原理.....	228
实验五十五 演替状态及植物对一般植食者的适口性.....	229
实验五十六 植食昆虫物种数目与不同树种的关系的测定.....	232
讨论和结论.....	234
深入研究.....	235
附表.....	237
参考文献.....	241
中文索引.....	249
外文索引.....	254

第一部分 取 样

引 言

取样是生态学研究中最重要的工作之一，也是常常易被疏忽的部分。因为基于样本的某些结论常用于作为整体的种群的假设上，所以取样步骤必须正确，否则判断就会无效。Greig-Smith (1964) 对植物种群研究, Southwood (1971) 对动物种群研究中对此都曾作过很多解释。本部分的重点是取样中的一些基本原理及其在若干选例中的应用。

对于动物生态学家来说，因自然取样单位的存在，取样问题有时明显减少。树木、粪便、尸体、花丛或叶片等，通常成为动物的栖息单位。与此相反，多数植物生态学家则不得不确立人工的取样单位。建立取样单位时，必须确定这些单位的空间位置、记录内容、有多少确切影响总体的因素，有时还需确定记录持续的时间。

在实验时间、经费和人力的限制下，资料收集的步骤应该有助于得到最多信息。显然，没有一种方法能够普遍地使用，因为任何方法的有效性取决于研究对象，特别是其后分析的性质。但有两个可以单独考虑的阶段，即：

1. 取样对策 取样对策定义为立地 (sites), 即获取记录的空间的位置。立地通常限定在相关的同类空间，但可能直接与生物（或它的一部分）有关，这些生物可能在样本内也可能不在样本内；立地或者甚至直接与正在研究中的种群有关，例如每叶昆虫，与亲本树有关的幼苗。

对策对以后的数据处理过程的选择与限制性有很大影响。这一阶段的决定包括：如样本的分布，是随机分布、有规则的分布或两者的联合分布？样本应取一个、二个等级或是三个等级？样本取样法应该选无样方取样或是样方块取样？

2. 取样技术 本阶段包括从取样场所获取植物或动物记录的一些技巧。这些记录可以只记个“有”，也可以是每个样地的绝对数量或分层取样的估计值。取样技术通常比日后处理数据的策略较少限制。但是，所使用的测量方式和分层取样的程度将会影响到统计结果的可靠性。

植物生态学中，这一阶段的决定与被记录的植被外貌的选择有关。定量记录一般采用百分比盖度、苗密度及体积测量。

动物生态学中，空间的选择和瞬时特性，诱捕器内饵料的应用，每个动物的标记，取样间隔的时间长度，以及去除取样的持续时间等等，都是重要的。

本部分实验的目的，是要使学生特别关心上述的一些问题：对所记录的总体特性的选择，所需要的样本数量可靠性，作一些详细的考察。

实验一和二 取样数量

原 理

如果取得大量样本 ($n > 30$)，并计算每样本内植物或动物的数量，就可能建立关于样本均数的置信限。虽然实际总体的均数 (μ) 不变，而样本均数 (\bar{x}) 在一个样本与另一样本之间是变化的。然而， x (个体数) 分布的实际性质不

论怎样，中心限理论 (central-limit theorem) 指出， \bar{x} 以 μ 为中心接近正态分布。

样本均数的标准差（或下文中常说的标准误）可由下式估计

$$\text{样本均数的SE} = \sqrt{\frac{x\text{的方差}}{\text{样本数量}}}$$

$$\text{即 } SE_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{\sigma^2}{n}}$$

当样本数大 (>30)，样本均数围绕总体均数 μ 接近正态分布，标准误可由下式估计

$$SE_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{s^2}{n}}$$

式中 s^2 是样本的方差。然后从正态分布表根据

$$\bar{x} \pm 1.96 SE_{\bar{x}}$$

得到 95% 的置信限。

样本精确度估计的详细论述能在多数统计书中找到。本文重点放在影响总体均数精确性所需要的样本数的估计上。对此通过两个调查事例进行讨论：从一个昆虫小区试验样本来计算必需的样本数；根据具有特定物种组成的植物群落的图示计算样本大小。

实验室实验对于昆虫种群的小区试验样本，所需要的样本数 (N) 可由下式得到

$$N = \frac{4s^2}{D^2\bar{x}^2}$$

式中 s^2 = 小区试验数的方差， \bar{x} = 平均数， D = 用百分数表示均数置信限的相对误差。例如，若在均数 $\pm 40\%$ 范围（即均数约 20% 的标准误）要取 95% 的置信限，那么 $D=0.4$ 。

• • •