

# 放牧研究:设计、方法与分析

美国作物学会系列出版物之十六

G.C.Marten 主编

李永宏 汪诗平  
尹承军 韩建国 译



气象出版社

# 放牧研究：设计、方法与分析

美国作物学会系列出版物之十六

G. C. Marten 主编

李永宏 汪诗平 译  
尹承军 韩建国

本书的翻译出版是由美国饲料作物科学协会授权，并得到 Richard Hart 博士和协会执行副主席 David M. Kral 的大力支持

1931. HJ

97. 98

AVS

气象出版社

## 内 容 简 介

本书是对 90 年代前放牧研究各个方面主要研究方法与结果的综述性报告与评价,并附有大量的参考文献(348 篇)。

本书可供农业、草地、畜牧、生物和生态等方面的研究、教育和技术推广人员参考。

# 放牧研究:设计、方法与分析

美国作物学会系列出版物之十六

G. C. Marten 主编

李永宏 汪诗平 译  
尹承军 韩建国

责任编辑:崔晓军 终审:纪乃晋

封面设计:何清 责任技编:刘祥玉 责任校对:成秋影

气象出版社出版发行

(北京市海淀区白石桥路 46 号 邮编:100081)

北京康华福利印刷厂印刷

\* \* \*

开本:787×1092 1/32 印张:6 字数:135 千字

1997 年 3 月第一版 1997 年 3 月第一次印刷

印数:1—600

ISBN 7-5029-2296-2/S·0293

定价:12.00 元

## 译者的话

近几年来,我们开展了草地放牧生态系统的试验研究,在涉猎有关方面的文献时,深感我国在此方面研究的不足和文献的缺乏。为此我们选译了这本书。

本书共分十章,由美国放牧研究各个领域的专家写成。本书阐述了放牧研究的目的;介绍与叙述了放牧试验中测定的植物、动物及动植物间相互作用的指标、技术与方法;探讨了试验设计中的统计与建模方法,以及设计时兼顾统计要求和试验耗资两方面而选择折衷方案的原则;同时也考虑了放牧研究中的经济问题。

本书序、前言、第一、二、三、四章由李永宏译;第五、六、七、九章由汪诗平译,韩建国、李永宏校;第八、十章由尹承军译,李永宏、韩建国校。最后由李永宏统稿。

译者

1996年10月

4/11/18

## 序

无论在美国,还是在许多其它国家,家畜对草地或草场的放牧利用都是家畜生产系统中的关键部分。放牧管理涉及到家畜及其赖以采食植物的关键决策。用经典方法拍摄的围栏内外过度放牧和合理放牧的草场,可以显示出其对放牧的长期深远影响。因而,放牧管理的策略会影响到对土壤水分和生物有机体的保护。可持续农业需要较大的多样性,在可持续农业系统中,家畜为作物轮作、牧草利用和土壤结构与肥力改良提供了较多的选择性。

放牧研究旨在发展家畜生产,其合适的方法是关键。不同种、不同龄和不同条件下动植物间的相互作用是畜牧业研究中最复杂的设计问题之一。新的等待解决的问题不断出现;新的技术也在发展;此时特别关注这个议题是很适时势的。我们向组织这个研讨会和出版这本书的组织者表示祝贺。这本书是对开展放牧研究所需技术挑战的一个现代评述。我们期望这本书能够激发人们更好地发展研究设计、更好地理解 and 开展放牧试验并更好地解释和报道这个重要领域中的研究成果。

美国作物学会主席:Calvin O. Qualser

美国农学会主席:Edward C. A. Range

本书编者:Gordon C. Marten

## 前 言

家畜放牧试验要阐明输入输出间的相互关系。这种关系在实验室、温室或其它小规模和田间研究中是无法提供的。输入即放牧试验设计中的处理,可包括放牧方式、载畜率、家畜种类、草场植物种类、草场肥力水平以及其它可供选择的变量或其组合。输出包括家畜、植物和(或)经济方面的响应。无疑,放牧试验是目标极强的研究,试验结果通常直接或间接地与家畜生产经营者相关联。

开展合理的放牧研究面临着大量的挑战。放牧试验需要土地、家畜、设备和时间,往往耗资较大。因而耗资与效率间的问题是相互关联的,研究者和研究管理人员必须清楚这一点。放牧研究的中心目标是设计一个试验,能够:①提供多个处理间的有效比较;②为评价处理效应提供有效的误差区间;③揭示有关的相互作用;④为推广应用性成果提供有用的数据;⑤为从经济上评价所选择输入的价值提供合理的基础;⑥以对生产经营者有用的方式表述有关的输入输出关系。

为了较好地阐明动植物作用面上的输入输出关系,需要测定草地及其放牧家畜响应的动态特征。对这些关系的认识也是构建放牧生态系统数学模型的需要。

本书是1988年11月在美国Anaheim举行的美国作物学会年会上开展的一个专题研讨会的论文集。这个专题研讨会及这本书的出版是由美国作物学会、美国农学会、美国牧草与草地委员会、美国草场管理学会和美国动物学会共同承办的。

参加这次专题研讨会的学者都是各研究领域中的专家。因而,这本书对设计与开展草地放牧研究、分析与解解放牧试验结果将是有益的;同时,也有助于综述、出版和(或)应用这些研究结果。

专题研讨会组委会:M. E. Riewe,  
D. I. Bransby,  
R. H. Hart,  
A. G. Matches,  
F. M. Rouquette

# 目 录

译者的话

序

前 言

<b>第一章 放牧试验的目标</b> .....	(1)
§ 1.1 家畜的生产性能 .....	(2)
§ 1.2 植物的响应 .....	(3)
§ 1.3 测定技术 .....	(3)
§ 1.4 设计、管理和应用.....	(5)
参考文献.....	(6)
<b>第二章 放牧试验中植物量及其特征与家畜响应的关系</b> .....	(8)
§ 2.1 植物量的测定 .....	(9)
§ 2.2 植物量和家畜响应.....	(13)
§ 2.3 牧草植物量、质量和家畜响应 .....	(15)
§ 2.4 植物量和抗性质量因子.....	(16)
§ 2.5 放牧试验中需测定的草地和家畜指标.....	(18)
参考文献 .....	(22)
<b>第三章 放牧研究中家畜响应的测定</b> .....	(28)
§ 3.1 家畜变动性的处理.....	(28)
§ 3.2 响应指标及其测定.....	(29)
§ 3.3 活重测定.....	(29)
§ 3.4 活组织组成增重和(或)体况的测定.....	(33)
§ 3.5 繁殖测定.....	(36)



§ 3.6	产奶测定	(36)
§ 3.7	牧草采食量的测定	(38)
§ 3.8	重复测定	(41)
	参考文献	(41)
<b>第四章</b>	<b>放牧研究中动植物相互关系的测定</b>	<b>(54)</b>
§ 4.1	研究方法	(55)
§ 4.2	家畜对草群结构响应的等级	(57)
§ 4.3	植物对放牧响应的等级	(66)
§ 4.4	结论和研究需要	(69)
	参考文献	(70)
<b>第五章</b>	<b>放牧试验设计和实施的折衷方案</b>	<b>(77)</b>
§ 5.1	放牧试验中放牧问题的思考	(78)
§ 5.2	设计的关键因素	(85)
§ 5.3	确立满意的折衷方案	(89)
§ 5.4	结论	(94)
	参考文献	(95)
<b>第六章</b>	<b>放牧试验的折衷方案和统计设计</b>	<b>(99)</b>
§ 6.1	放牧试验设计	(103)
§ 6.2	对一些已出版设计的评议	(107)
§ 6.3	放牧试验的折衷设计	(110)
§ 6.4	讨论	(115)
	参考文献	(116)
<b>第七章</b>	<b>试验设计和统计推理:普遍化的最小平方方法和 时间序列上的重复度量</b>	<b>(119)</b>
§ 7.1	可能的试验	(121)
§ 7.2	误差测量的来源选择	(125)
§ 7.3	重复度量	(127)

§ 7.4 来自相对独立试验的综合信息 .....	(129)
参考文献 .....	(132)
<b>第八章 放牧研究中的时间序列、动态模型和适应次序的确定</b> .....	(134)
§ 8.1 时间序列 .....	(135)
§ 8.2 线性动态系统和卡尔曼滤波 .....	(136)
§ 8.3 综合外部变量 .....	(139)
§ 8.4 管理控制的引入 .....	(140)
§ 8.5 结论 .....	(143)
参考文献 .....	(144)
<b>第九章 放牧研究中的经济学考虑</b> .....	(147)
§ 9.1 每公顷的载畜率和净利润 .....	(148)
§ 9.2 载畜率和风险-利润权衡 .....	(155)
§ 9.3 放牧研究的数据需要和设计的含义 .....	(160)
§ 9.4 结论 .....	(165)
参考文献 .....	(166)
<b>第十章 放牧系统模型论题</b> .....	(170)
§ 10.1 建模原理 .....	(170)
§ 10.2 关于模型观察 .....	(171)
§ 10.3 建立数学模型的理由 .....	(174)
§ 10.4 放牧试验和计算机模拟模型 .....	(175)
§ 10.5 放牧试验数据和模拟模型 .....	(178)
§ 10.6 小结 .....	(180)
参考文献 .....	(181)

# 第一章 放牧试验的目标

**摘要** 放牧试验的目标与放牧的目标相一致,在于改善或维持牧草的生产和生产牧草的有效利用,达到牧草和家畜的持续高生产。因而需依试验的目的和生物学及资金上的限制来确定需测定的变量、测定方法和设计,分析试验和解释试验结果。

放牧试验的目的在于为放牧管理实践提供指导和(或)提供草地或生态系统生物学方面的基本信息。放牧试验的目的与放牧的目标相一致,Heady(1975)归纳为下述三点:

1. 牧草生产和草场的改良和维持;
2. 牧草生产的有效利用;
3. 持续的高载畜量和家畜生产。

放牧试验的目标反过来决定了需要测定的变量及测定方法。Morley(1978)指出,家畜生产性能(增重、繁殖、产品质量等)的测定常常是放牧试验的中心目标,然而对于认识复杂的放牧系统来讲,仅仅测定家畜的生产往往是不足的。应该探索植物和植物群落对放牧的反应,家畜的行为、土壤和水分的反应,经济效益或这些因子及其它因子间的组合等方面的信息。

如果家畜的生产性能是主要目标,而草地上又存在有相互作用的各种因子(如:种类组成、肥力或放牧体制),那么测定牧草的质或量、土壤水分和肥力以及气候因子是需要的。而如果以植物对放牧的响应为主要目标,而把家畜作为一个施加放牧压力的工具,则需要更详细的植物测定。此类试验的测定,也可为通过刈割来模拟放牧和温室实验提供指导(Hart

和 Balla, 1982; Stroud 等, 1985)。另一方面, 如果以家畜对补饲的反应和害虫控制为目标, 而草地又是所有处理中的均匀组分, 那么对草地植物产量和质量的详尽取样则可能是时间和经费的浪费。

## § 1.1 家畜的生产性能

放牧家畜的生产性能, 决定于其固有的生产能力、牧草的产量和质量、处理、载畜率(SR, 单位面积的畜数)或放牧压力(GP, 单位牧草承受的畜数)。最优生产或最佳载畜率对认识各种处理对家畜生产的影响最为有用。由于牧草生产的年际变化, 放牧季节初始动物经营者只能确定载畜率, 而不能确定放牧压力。然而, 某一时间的放牧压力是能够随着季节的进程来调整的。调整放牧压力必须考虑生产收入的稳定性和草场的状况。

最优经济载畜率的确定, 需要计算家畜生产性能随载畜率增加的函数关系。家畜增重或受胎率通常符合这样一个模型: 在某一临界放牧压力水平之下, 其生产性能保持一个恒定的水平; 当放牧压力超过这一临界水平时, 其随放牧压力的增加呈直线下降。因此, 测定家畜反应的放牧试验应当至少包括在其反应曲线下降部分的两个放牧压力值。一个较好的设计, 应包括 4 个放牧压力值, 其中一个小于临界放牧压力值、三个大于临界放牧压力值。一旦建立了反应曲线, 就可以用简单的方程来计算最佳载畜率或放牧压力(Hart, 1978; Hart 等, 1988a, b)。应当强调, 载畜率和放牧压力是处理, 而不是响应。如果不指出家畜在体重增重、奶和毛生产、繁殖方面的水平, 像“处理 A 使载畜率增加了 30%”这样的陈述是毫无意义的。

## § 1.2 植物的响应

对于多年生草地上的放牧试验,应当说明具有最大短期收益的载畜率能否保持牧草生产和放牧植物群落的长期稳定。过多的家畜数量与气候引起的牧草生长速率的变化相结合,可影响草群的反应(如分蘖),进而在很长一段时间内降低牧草生产水平(Grant 等,1985; Hart 和 Norton,1988)。放牧家畜施加于草地的影响主要有下述四个方面:

(1)采食植物降低了光合能力,可以降低根系的发育、碳水化合物贮存和固氮作用;

(2)混合草地上对植物种和植物器官的择食可以影响物种的相对生产力及其存在的持久性,并引起不期望种的侵入;

(3)践踏损害植物的组织,增大土壤容重,降低水分的渗透;

(4)排泄粪尿于较小的面积上,从而影响植物的适口性和营养物质的循环。

测定这些反应可以解释在单位畜或单位面积生产方面观察到的差异,并且决定该试验的结果可推广到其它地区的程度(Taylor,1985)。

## § 1.3 测定技术

测定技术将在本书的其它章节中详述,但因为目标决定技术,这里要做一个概要的介绍。当测定家畜增重时,称重时间小于四周是不会改进其精度的。从降低方差方面而言,空腹后称重一次,和不空腹连续称3天的效率一样。自动识别、称重和记录可以降低工作量和测定误差,但需要大量的经费来

购置和维护复杂的设备。

在几块草地上轮牧的集约放牧体系,若能促进家畜在草地上的均匀放牧,即使没有增加牧草生产及其转化效率,也是有益的。放牧家畜的分布和活动可以直接观察或用机械或电子设备来测量。直接观察最可靠,但耗工大;而做这些测定的仪器是昂贵的,且关键时刻易于失败。但这些问题会随着未来的发展而减少。测定设备的输出结果需要谨慎解释;如步程计不测定游走距离,只计游走步数,其距离是通过步数乘以一个假设的恒定步长而来的。因而,如果要估测践踏的影响,用步程计是合适的;而如果要估测游走距离,观察和绘图是较好的方式。

放牧研究中,动植物间的相互作用是常常被忽略的领域,但它可以揭示特定的放牧管理技术为什么是成功或不成功的原因。可以通过对植物器官、整株植物、植物群落和草群结构的隔时测定或拍照来决定放牧的频率和强度。此类信息可以用来设计放牧模拟试验,或作为放牧模拟模型的组分。

牧草摄取量是决定家畜反应的主要因子,且非常难于估测。一般根据食物的消化率和排泄物中未消化的食物部分和标记物来估计,但因为家畜选择的食物很少与所提供的牧草是一样的,也有人用更直接的测定方法。食物的消化率和家畜对植物和植物器官的选择应当用瘿管法来取样估测,稀土是粪便量较好的指示物,优于氧化铬。利用渗透纸、注入泵或逐时释放胶囊可使可消化标记物达到几乎恒定的指示水平。

牧草质量可以其体内或体外的消化率、湿化学或近红外辐射光谱仪来测量。组成上的差异可能是难于解释的:酸性洗涤纤维(ADF)和木质素与牧草的消化率相关联,而中性洗涤纤维(NAF)与摄取量相关。然而这些关系是变化的,尤其在

复合植物群落中,建立这些关系尤其困难。牧草的非营养成分,如生物碱、内生真菌或丹宁,可能比通常测定的牧草质量更为重要。如以前高羊茅草地上的放牧研究大都表明,具内生真菌的草地家畜生产性能较差,但除去内生真菌后,这种草地上家畜的增重与在其它多年生冷季禾草草地上的情况相类似(Hoveland 等,1983)。

牧草生产量和利用率可通过刈割来测定,或通过刈割与电容计、 $\beta$ -衰减计、估重盘或眼光估计相结合的双重取样来测定。固定罩笼可以用来估测其生物量峰值;移动罩笼可用来估测牧草生产的季节动态。测定植物分种的频度、盖度和密度可以辨识植物组成的变化趋势。根系动态和植物种群的年龄结构是难以测定的,但可以较早地指示种群的变化趋势。

测定土壤的容重和透水性可以估计践踏对土壤的影响。但渗透计测定不出土表粗糙度对水分截存和渗透的影响。降雨模拟和径流场可用来测定这些效应,但耗时,又昂贵。测定粪尿的营养含量和分布及微生物的活性可评价营养物质循环。在天然草场上,考虑放牧家畜对野生动物食物、植被覆盖和美学价值等的影响也可能是重要的。

#### § 1.4 设计、管理和应用

在放牧试验设计和数据分析上完全训练有素的研究者是几乎没有的。为估计方差需完成的重复、合适的误差区间的选择、合适的草地面积和家畜数量的确定都是设计放牧试验必须考虑的因子。在包括三个或更多载畜率等级或放牧压力但没有草地重复的研究中,协方差分析可以增加从该研究中获得的信息量(Riewe,1961)。与其掌握统计技术,不如与一个理解试验设计中生物、资金及统计限制的统计学家合作更为

有效。

为了达到放牧试验的目标,每个处理都应以最大生产性能为管理目标。如果管理上的差异在生物学上是可解释的,则灵活的管理办法是优于固定办法的。如果处理 A 比处理 B 早出结果则应采用处理 A。然而,应当严格记载所有管理方面的所有变量,以便试验结果可以被其他人证实,或与已有的研究比较,或为生产者所实践。

最后,应当考虑到放牧研究结果的应用。设计、解释和展示形式,应当根据结果是否用于发展管理方式、是否作为模拟模型的组分,或是否为进一步的研究提供基础而决定。

### 参考文献

- Grant, S. A., J. King, and G. T. Barthram. 1985. The role of sward adaptations in buffering herbage production responses to management manipulation. p. 1114~1116. *In Proc. 15th Int. Grassl. Congr.*, Kyoto, Japan. 24~31 August. The Natl. Grassl. Res. Inst., Nishi-nasuno, Tochigi-ken, Japan.
- Hart, R. H. 1978. Stocking rate theory and its application to grazing on rangelands. p. 550~553. *In D. N. Hyder (ed.) Proc. 1st Int. Rangel. Congr.*, Denver, CO. 14~18 August. Society for Range Management, Denver, CO.
- Hart, R. H., and E. F. Balla. 1982. Forage production and removal from western and crested wheatgrasses under grazing. *J. Range Manage.* 35:362~366.
- Hart, R. H., and B. E. Norton. 1988. Grazing management and vegetation responses. p. 493~525. *In P. T. Tueller (ed.) Vegetation science applications for rangeland analysis and management.* Kluwer Academic Publ., Dordrecht, Netherlands.



- Hart ,R. H. ,M. J. Samuel,P. S. Test ,and M. A. Smith. 1988a. Cattle ,  
vegetation and economic responses to grazing systems and grazing  
pressure. *J. Range Manage.* 41:282~286.
- Hart ,R. H. ,J. W. Waggoner ,Jr. ,T. G. Dunn,C. C. Kaltenbach ,and L.  
D. Adams. 1988b. Optimal stocking rate for cow-calf enterprises  
on native range and complementary improved pastures. *J. Range  
Manage.* 41:435~441.
- Heady,H. F. 1975. Rangeland management. McGraw-Hill ,New York.
- Hoveland ,C. S. ,S. P. Schmidt ,C. C. King ,Jr. ,J. W. Odom ,E. M.  
Clark ,J. A. McGuire ,L. A. Smith ,H. W. Grimes ,and J. L. Holli-  
man. 1983. Steer performance and association of *Acremonium*  
*coenophialum* fungal endophyte on tall fescue pasture. *Agron. J.* 75:  
821~824.
- Morley ,F. H. W. 1978. Animal production studies on grassland. p. 103  
~162. *In* L. 't Mannetje (ed.) *Measurement of grassland vegeta-  
tion and animal production.* Commonw. Agric. Bur. Bull. 52. Hur-  
ley ,Berkshire ,England.
- Riewe ,M. E. 1961. Use of the relationship of stocking rate to gain of  
cattle in an experimental design for grazing trials. *Agron. J.* 53:  
309~313.
- Stroud ,D. O. ,R. H. Hart ,M. J. Samuel ,and J. D. Rodgers. 1985. West-  
ern wheatgrass responses to simulated grazing. *J. Range Manage.*  
38:103~108.
- Taylor ,J. A. 1985. The animal factor in pasture studies. p. 1140~1142.  
*In* Proc. 15th Int. Grassl. Congr. ,Kyoto ,Japan. 24~31 August.  
The Natl. Grassl. Res. Inst. Nishi-nasuno ,Tochigiken ,Japan.