

草原生态化学 实习实验指导书

(草原专业用)



2-33
43

甘肃农业大学草原系编

编

草原生态化学 实习实验指导书

(草原专业用)

甘肃农业大学草原系编

一九八五年八月

责任编辑：汪 玺

全国高等院校试用教材
草原生态化学实习实验指导书

甘肃农业大学草原系编
(甘肃武威黄羊镇 甘肃农业大学)
(内 部 发 行)

787×1092毫米 16开本 9.5印张 231千字

1985年8月第一版第一次印刷

武威市印刷厂印

前 言

草原生态化学实习实验指导书，是全国农业院校统编教材《草原生态化学》的实验指导部分。指导书除供草原专业学生及研究生使用外，还可供从事土壤、畜牧、农学、林学、生态等方面的科技人员及农业院校有关师生参考。

《草原生态化学》涉及草原生态系统中能量和矿物流程的众多方面。它的实验手段包括从生态环境的非生物学因子、到植物生产、动物生产又回到无机状态的漫长而复杂的过程。它不仅试验项目繁多，试验手段也日新月异，我们参考了有关文献，并根据我们自己的教学经验，采取了本书现在这一体系。希望它能为我们提供测定草原生态系统中、各个转化阶的能量与矿物质的积累、损耗的方法与根据，从而计量其生态学效率。

这一试验系统可概括为五个部分。第一部分着重介绍草原生态系统中物质和能量转化的主要试验方法；第二部分为有关土壤的分析方法；第三部分为植物体能量和有机物质的分析方法；第四部分为动物体能量和有机物质的分析方法；第五部分介绍在草原生态系统的土壤、植物、动物材料中主要矿物元素的分析方法。最后为附录，介绍半机械加码分析天平的使用方法和常用的计算数据。

第一部分是草原生态化学试验的纲要和基本部分。凡学习《草原生态化学》课程者，都应尽可能逐一做完。在进行这些试验时所需要的具体方法，除第一部分介绍的以外，还需参考其它四个部分，从中

选取适当方法，来完成第一部分的实验项目。因此，其它四个部分，不是系统操作项目，可根据各校具体情况决定取舍。

本指导书所列的实验方法，尽可能具有结果准确、操作简单、设备一般、便于普及的特点。以化学分析方法为主，尽可能采用统一的分析方法处理各转化阶上的样品，以减少方法带来的误差。

本指导书内容较多，各校可根据具体情况选取几个成分作完整的系统分析，使学生掌握在草原生态系统中如何测定物质和能量的积累和流程。

本实验指导书，是在任继周教授的主持下，由吴自立同志主编，李缓章、李素群、朱兴运、汪玺等同志参加了编写和编印工作。

由于这是一门新兴学科，时间短促，编者水平有限，虽然通过了八年的教学实践作了较大的修改，但缺点和错误在所难免，希望同志们在使用过程中提出宝贵意见，以便再版时改正。

编 者

一九八五年八月

目 录

前言

使用说明.....	(1)
实验规则.....	(2)
实验室安全规则.....	(3)

第一部分

草原生态系统中物质和能量转化的主要试验方法

实验一 我国不同草原类型太阳辐射能输入的测定.....	(4)
实验二 牧草能量积累的测定(豆科牧草,禾本科牧草、C ₄ 植物、草丛均可应用).....	(6)
实验三 牧草积累能量的季节动态.....	(8)
实验四 放牧家畜摄取能量的测定.....	(8)
实验五 放牧家畜消化能的测定.....	(12)
实验六 放牧家畜代谢能的测定.....	(19)
实验七 草食动物净能的推算.....	(21)
实验八 草食动物能量积累的测定.....	(22)
实验九 绘制某一地点的能流图解.....	(24)
实验十 氮流的测算.....	(25)
实验十一 磷流的测算.....	(27)
实验十二 钾等元素流的测算.....	(30)
实验十三 对某一地点的生态化学评定.....	(32)

第二部分 有关土壤的分析方法

实验十四 草原土壤样品的采集和制备.....	(33)
实验十五 土壤水分的测定.....	(35)
实验十六 土壤容重的测定.....	(37)
实验十七 土壤有机质的测定.....	(38)
实验十八 土壤全氮的测定.....	(41)
实验十九 土壤水解性氮的测定.....	(43)

实验二十	土壤酸度的测定	(45)
------	---------	------

第三部分 植物体内能量和有机物质的分析方法

实验二十一	牧草饲料样品的采集与制备	(49)
实验二十二	牧草饲料的水分测定	(51)
实验二十三	牧草饲料的粗脂肪测定	(53)
实验二十四	牧草饲料的粗纤维类物质测定	(56)
实验二十五	牧草饲料的粗蛋白质测定	(63)
实验二十六	牧草饲料的淀粉及还原糖测定	(67)
实验二十七	牧草饲料的粗灰分测定	(70)
实验二十八	牧草饲料中无氮浸出物的计算	(71)
实验二十九	牧草饲料的热能测定	(72)
实验三十	牧草饲料中胡萝卜素的测定	(79)

第四部分 动物体内能量和有机物质的分析方法

实验三十一	畜产品样品的采集与制备	(85)
实验三十二	畜产品的干物质测定	(86)
实验三十三	畜产品的粗脂肪测定	(87)
实验三十四	畜产品的粗蛋白质测定	(90)
实验三十五	畜产品的粗灰分测定	(91)
实验三十六	畜产品的热能测定	(93)

第五部分 土壤、植物、动物材料中主要矿物质

元素的分析方法

实验三十七	草原生态系统中磷的测定	(95)
实验三十八	草原生态系统中钾的测定	(105)
实验三十九	草原生态系统中钠的测定	(108)
实验四十	草原生态系统中钙的测定	(112)
实验四十一	草原生态系统中镁的测定	(118)

附 录

附录一	半机械光电分析天平的构造和使用	(122)
-----	-----------------	-------

附录二	普通浓酸、浓碱试剂的当量浓度及比重表	(126)
附录三	酸碱指示剂	(127)
附录四	pH标准缓冲溶液系列的配制表	(127)
附录五	毫克数与毫克当量数互换表	(139)
附录六	主要试剂的式量及当量表	(130)
附录七	常用基准试剂的称量和处理方法	(132)
附录八	EDTA滴定中常用的掩蔽剂	(133)
附录九	在不同pH下铁和铝的溶解度	(134)
附录十	72型光电分光光度计常用比色波长选择表	(134)
附录十一	标准筛孔对照表	(135)
附录十二	蒸馏水的一般检查	(135)
附录十三	试剂浓度的一般表示法	(136)
附录十四	一些标准溶液的制备方法	(137)

使 用 说 明

一、试剂 书中各试验项目所用的化学试剂均按国产试剂规格标注，分为四级，见表1

表 1 国 产 试 剂 规 格

品 级	I 级	II 级	III 级	IV 级
纯度	优级纯	分析纯	化学纯	实验室纯
符号	GR	AR	CP	LR
颜色	绿色	红色	蓝色	
用途	作基准物质用	精密分析用	一般分析用	一般实验室用

除特别指明者外，其余均指分析纯，不再注明。

二、酸碱 如硫酸、盐酸、硝酸、高氯酸、氢氟酸、氨水，凡未指明浓度者，均系市售试剂的浓度。

二、仪器 所用玻璃仪器均指硬质化学玻璃，测硼时，不可使用硼玻璃，贮存试剂最好用塑料瓶。

四、蒸馏水 一般测定项目均用普通蒸馏水，但测微量元素时，应用重蒸馏水，用电热蒸馏器制得的蒸馏水，常含有微量的金属离子，如铁、铜，根据分析要求作进一步处理。

用离子交换树脂制得的纯水，往往含有少量有机杂质，如将蒸馏水通过离子交换柱，可得纯度很高的水。

五、操作 前后如有相同的部分，详细操作手续写在最早出现之处，后面不再重复。

六、采样 一般在室外试验时采样，要特别细心，样品必须具有代表性，否则实验室工作再精确，也难以得到合理数据。

七、称样 一般取样重量在0.5—2克，必须称准至小数后第四位，当被测成分含量很低时，更应注意。

八、恒重 绝对相等有时很难办到，规定当连续两次称重之差在0.5毫克以内时，即算恒重。

九、精密度 精密度系指在相同试验条件下，对同一样品进行多次测定，其测定结果间接近的程度，用标准差表示，公式如下：

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

式中：S——标准差；

X_i——样品的个别测定结果；

\bar{X} ——样品个别测定结果的平均值；

n——样品的测定次数。

根据正态分布规则，在距平均值两侧各1.96个标准差之范围内分布着95%的测定结果。标准差愈小，意味着各测定结果分布的范围小，互相间愈接近，表明精密度愈高。

十、可疑值的取舍 平行测定的结果，有时会出现个别的极端数据（过大或过小），不能随便取舍，应按统计学的规则处理。常用的Q检验法步骤如下：

求舍弃商Q值，公式如下：

$$Q = \frac{X_{\text{疑}} - X_{\text{邻}}}{X_{\text{大}} - X_{\text{小}}}$$

式中： $X_{\text{疑}}$ ——表示可疑的测定结果；

$X_{\text{邻}}$ ——表示与可疑值最邻近的测定结果；

$X_{\text{大}}$ ——表示最大的测定结果（包括可疑值）；

$X_{\text{小}}$ ——表示最小的测定结果（包括可疑值）。

查Q值，根据测定次数和置信概率在表2中查出Q值。如果计算出的Q值大于或等于表中查出的Q值，可疑值即可舍去，相反则予以保留，一起参与平均为分析结果。

表2 置信概率为90%的舍弃商Q值表

测定次数	3	4	5	6	7	8	9	10
$Q_{0.90}$	0.94	0.76	0.64	0.56	0.51	0.47	0.44	0.41

实 验 规 则

1. 实验前必须预习，明确目的要求，弄清基本原理、操作步骤和方法，作好计划，做到心中有数。

2. 在实验过程中应认真听取教师指导，操作必须严肃、认真，观察现象要仔细，记录数据要准确，分析问题要全面。

3. 实验完毕后，应立即将仪器洗刷干净，并整理好药品和实验台，将实验室打扫干净，关好水、电、煤、帘再锁门。根据原始记录，按规定的格式，写出实验报告，按时交给老师。

4. 在整个实验过程中，要特别注意安全、防火、防爆。并养成整齐清洁和节约的习惯。

实验室安全规则

1. 试验室内绝对禁止吸烟、饮食。
2. 使用电炉、酒精灯时，不得远离，用完应及时关闭。
3. 使用有机溶剂，如乙醚、石油醚、丙酮等，应远离明火，用后塞严瓶塞，放在阴凉处。
4. 高温电炉温度一般不得超过 600°C （特殊情况例外），夜间无人不得使用。
5. 不得随意转动恒温箱的调温旋钮。
6. 使用真空泵抽气时，应随时注意休息，抽滤漏斗堵塞应及时停车清洗，以免真空瓶爆破。
7. 各种电气设备发生故障时，应及时报告教师，进行修理，不可凑合使用。
8. 取用强酸强碱时，须用滴管或量筒，切勿用吸量管吸取，以防烧伤。
9. 使用氯化汞和氰化钾等毒品时，不得误入口内或接触伤口，防止中毒，使用砷酸和钡盐，亦应小心。
10. 使用精密仪器，如天平、光电比色计、热量计、离心机等，使用前应熟悉使用方法，若有问题，应请教师解答。
11. 实验室所有药品不得携出室外。
12. 实验过程中如损坏各种仪器时，除报告教师及时补充外，并进行登记。
13. 每次实验结束后，应检查门窗、水源、电源、煤气阀是否妥善关闭，洗净双手，方可离开。

第一部分 草原生态系统中物质和能量转化的主要试验方法

实验一 我国不同草原类型太阳辐射能输入的测定

一、目的

1. 了解不同草原类型的太阳辐射能的瞬间辐射强度，每日的总辐射能量，每日的辐射强度变化，季节的总辐射能量及其变化。

2. 掌握75L-Ⅱ型累积式辐射计的使用方法。

二、原理 牧草进行光合作用所需的能量来自太阳辐射，所以测定太阳辐射强度及其变化规律，对增加牧草产量，提高草原生产能力，发展草原畜牧业具有很重要的意义。

75L-Ⅱ型累积式辐射计的构造原理是根据光转变为热，热转变为电，符合正比例的关系，故可用电压的高低来表示辐射强度的大小。它是用FS-Ⅱ型辐射探头来接收太阳辐射，当太阳光照射探头时，因探头上的黑白片对光的吸收程度不同而产生温度差，由温度差转变为电动势（数毫伏），这就产生了讯号电压。FS-Ⅱ型辐射探头能够接收波长在350—2400纳米内的天空总辐射，并通过温度差把它转变成讯号电压。

当讯号电压通过屏蔽线输入主机，先经过主放大器放大，用电表把放大的电压指示出来，为了使用方便，经过换算采用了特殊表头，用焦耳/厘米²·分为单位，原机以卡/厘米²·分为单位，因此就可直接从电表上读出太阳的瞬时辐射强度。

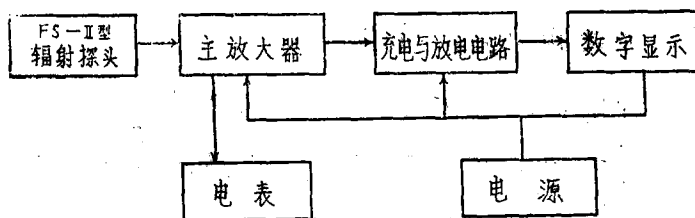


图1—1 75L-Ⅱ型累积式辐射计示意图

从示意图中可以看到，当讯号电压经主放大器放大后，输入充电与放电电路。讯号电压在电路中产生一个和它成比例的电流，同时这个电流对一个电容器充电。当电容器充电到某一预定量的时候，就有一个专门的电路把电容器充的电迅速放掉，然后又让它重新充电。在电容器放电的同时，这个电路就输出一个脉冲电压，使计数电路计数1次。由于计数次数愈多，说明充电电流愈大，讯号电压愈大，辐射强度愈大，所以总辐射能量的大小可以用计数

次数的多少来表示。为了方便起见，将仪器调整到当太阳辐射在辐射探头的感应平面上，每平方米每增加0.416焦耳（0.1卡）的能量时，电容就放电一次，这时正好使计数电路增加一个数，而这个数字显示也正好是每平方米增加0.416焦耳（0.1卡），只要不按复零位开关，这个数字一直保存着，并继续累积下去。因此75L-Ⅱ型累积式辐射计可以累积它在工作期间每平方米面积上所接收的总辐射能量。

所以75L-Ⅱ型累积辐射计既可测定太阳的瞬间辐射强度，又可累积一段时间内单位面积上所接收的总辐射能量。

三、仪器 75L-Ⅱ型累积式辐射计。

四、用法

1. 安装

(1) 将仪器的主机放置在稳固的试验台面上，或野外的工作台上。应避免阳光暴晒，在仪器附近不应有强大功率的电气设备，以免干扰计数电路。

(2) 把FS-Ⅱ型辐射探头盖上白色罩，并与连接线接通，连线的白色接线插头应与辐射探头的“十”端相接。

(3) 选好放置辐射探头的位置，调节辐射探头的地脚螺钉，借水平仪观察是否水平。

(4) 将辐射探头的连线插入仪器后面的“输入”插口，调节指示电表的机械零点，使电表指零位。将仪器后板上的交直流开关放到交流的位置，接通电源使仪器预热十分钟以上。

2. 调节

(1) 调整“平衡指示”旋钮，使电表指零位。这时量程开关应扳向“×0.1”这边，以便准确调整零点，零点调整好后，扳动量程开关在“×1”和“×0.1”档变动时，指针应稳定不动。

注意在调整零点时，辐射探头一定要盖上白色罩。如果辐射探头被光照射过，在盖上白色罩后，至少要等十分钟，待它充分冷却后，才能进行调零。

(2) 将量程开关扳向“×1”档，再将数字显示开关接通，应当看到荧光管显示数字，按动复零位开关，即可准备工作。

3. 使用

(1) 揭开FS-Ⅱ型辐射探头上的白色罩，约2分钟后，即可在电表上读出太阳的瞬间辐射强度值。如果辐射强度每分钟每平方米在0.832焦耳（0.2卡）以下，可把量程开关扳向“×0.1”档，精确读数。但应防止在高辐射强度时表针撞针。

(2) 当观察到荧光管显示的数字有规律增加时，可把数字显示开关扳向“断”，此时仪器照常累积，只是不显示。

(3) 如工作结束时或需要记录某一段时间的辐射总能量时，可将数字显示开关扳向“数字显示”一边，记下累积的数字，再扳回“断”处。

(4) 工作结束时，先切断电源，再收回辐射探头，装箱。

4. 记录

选择一定类型的草原，安装辐射计，根据实验的需要，可记录某一时间的瞬间辐射强

度，亦可记录一天之内的总辐射能量。连续记录亦可看出太阳辐射在一年内的季节变化。

实验二 牧草能量积累的测定

(豆科牧草、禾本科牧草、C₄植物、草丛均可应用)

一、目的

1. 掌握测定牧草能量的原理和方法。
2. 掌握牧草能量积累的计算方法。

二、原理

测定牧草积累的能量，配合养分测定，对培育高产优质的牧草可提供依据，并可确定在某一地区适合栽培的收益较高的牧草，对有计划的经营草原，合理改良和利用草原提供科学资料。

太阳辐射到地面上的能量，并不能完全被牧草吸收和利用，牧草所利用的能量通过光合作用，贮存在组成自身物质的化学键中，随着牧草的生长，积累的干物质愈多，贮存的能量亦愈多，每克牧草中贮存的能量，可根据热化学中的盖斯定律，用氧弹式热量计测定。这样就可由牧草在整个生长期中积累干物质的量和每克牧草中贮存的能量，计算出牧草中积累的能量。如果当地的辐射能已经测得，还可计算出牧草对辐射能的利用率。

$$\frac{\text{牧草积累的能量}}{\text{面积}} = \frac{\text{牧草积累干物质的量}}{\text{面积}} \times \frac{\text{牧草干物质贮存的能量}}{\text{重量}}$$

$$\text{辐射能的利用率}(\%) = \frac{\frac{\text{生长期内牧草积累的能量}}{\text{面积}}}{\frac{\text{生长期内太阳辐射的能量}}{\text{面积}}} \times 100$$

三、仪器

名称	规格	数量	名称	规格	数量
1. 恒温鼓风干燥箱	0-250℃, 45×55×55厘米	2	7. 土钻	φ10厘米	1
2. 台称	100公斤	1	8. 小刀		2
3. 瓷盘	45×40厘米	10	9. 尼龙纱布		5米
4. 钢卷尺	2米	2	10. 样袋		20
5. 卷尺	30米	1	11. 剪刀		8
6. 样框	50×50厘米	4	12. 纱布		5米

四、试验方法

1. 选择试地：应选择气候条件相同，坡向一致，比较平整，不但试验当年的管理措施相同，而且与往年亦相近的、足以代表某一地区一般情况的人工草地或天然草地作为试验地，应详细记录试地的自然条件。

2. 试地面积：人工草地在0.1—1公顷为宜，天然草地适当增大。

3. 设置样点：根据试验区的地形，按对角线法或其它方法最少选择10个样点，每个样点的面积不能少于0.25平方米，灌丛地区样点所采的鲜样不得少于500克。

4. 测定产量：根据试验地所在的地区条件，选择某种牧草，按季节适时播种，在与当地相同的管理条件下，于生长期末，按地上部分与地下部分分别测产。

地上部分：将每个样点牧草的地上部分平地面齐用剪刀剪下，分点称量鲜样并记录，按需要量抽取样品进行初水分测定，妥善保管以备测定热值之用。

地下部分：将每个样点牧草的地下部分小心全部掘出，或用直径10厘米的土钻取样，每个样点至少取三个重复，其深度随根系的发育而定，一般60—100厘米，用双层尼龙纱布包好，再用水冲，洗净泥沙后，检去死根。用脱脂纱布擦掉附着在草根表面上的水分，分点称其重量并记录，并按需要量抽取样品，测定初水分，保管好样品，供测热之用。

5. 测定热值：将测过初水分（参看实验二十二）的样品，粉碎，过40号筛，装瓶。用氧弹式热量计测定牧草的热值（参看实验二十九），同时测定吸附水（参看实验二十二）。

五、计算

$$1. E_{上} (\text{兆焦/公顷}) = P_{上} (\text{吨/公顷}) \times (1 - \alpha_1\%) \times E'_{上} (\text{兆焦/吨})$$

$$2. E_{下} (\text{兆焦/公顷}) = P_{下} (\text{吨/公顷}) \times (1 - \alpha_2\%) \times E'_{下} (\text{兆焦/吨})$$

$$3. E_{比} = E_{上} : E_{下}$$

$$4. E_{总} = E_{上} + E_{下}$$

$$5. E_{利} (\%) = \frac{E_{总}}{E_{辐}} \times 100$$

$E_{上}$ ——代表牧草地上部分累积的能量（兆焦/公顷）；

$E_{下}$ ——代表牧草地下部分累积的能量（兆焦/公顷）；

$P_{上}$ ——代表新鲜牧草地上部分的重量（吨/公顷）；

$P_{下}$ ——代表新鲜牧草地下部分的重量（吨/公顷）；

$E'_{上}$ ——代表牧草地上部分干物质的热值（兆焦/吨，其值与焦/克为单位相等）；

$E'_{下}$ ——代表牧草地下部分干物质的热值（兆焦/吨，其值与焦/克为单位相等）；

$\alpha_1\%$ ——代表牧草地上部分总水分的百分含量（以新鲜样品为基础计）；

$\alpha_2\%$ ——代表牧草地下部分总水分的百分含量（以新鲜样品为基础计）；

$E_{比}$ ——代表单位面积牧草地上部分与地下部分累积能量的比值；

$E_{总}$ ——代表单位面积牧草地上部分与地下部分累积能量的总和；

$E_{利}\%$ ——代表生长期单位面积牧草累积的总能量占生长期单位面积太阳辐射总能量的百分率，即能量利用率。

实验三 牧草积累能量的季节动态

一、目的

1. 了解牧草能量积累的季节动态。
2. 了解牧草在不同生长期内太阳辐射强度与能量积累的关系。

二、原理 参考牧草能量积累的测定原理。

三、仪器 与牧草能量积累的测定相同。

四、试验方法

1. 试地选择的条件参考牧草能量积累的测定，试地面积应适当增大，否则分期取样，难以选点。

2. 牧草生育期可分为分蘖抽条期、孕蕾初花期、结种期、枯黄期，四期。

3. 设置样点：

选择样点的方法、数目、面积均可参考牧草能量积累的测定。不同之处是牧草的每个生育期都必须选择一次样点，而且不能与前次选点位置重复。为了方便，可一次在试验区内选点40个，分为四组，每组10个样点，均匀的分布在试验区内，供一个生育期采样。为了防止混乱，可作出标记。

4. 测产、测热均可参考牧草能量积累的测定进行。

五、计算 参考牧草能量积累的测定计算。

实验四 放牧家畜摄取能量的测定

差额法

一、目的

1. 掌握用差额法测定放牧家畜采食量的原理和方法。
2. 掌握放牧家畜摄取能量的计算方法。

二、原理 牧草通过光合作用所积累的能量供给草食动物。测定放牧家畜每日摄取的能量，对于计算载畜量，合理利用草原具有重要的意义。

放牧前先测定试验区的牧草产量、初水分、吸附水、干物质的热值，即可计算出放牧前试验区牧草贮存的能量。

放牧后再测定试验区的剩余牧草产量、初水分、吸附水、干物质热值，即可计算出放牧

后试验区剩余牧草中贮存的能量。

牧前牧后能量之差，除以放畜天数和头数，即得每日每头家畜摄取的能量。

差额法忽略了放牧期间牧草的生长量（能量），故测定的能量比实际摄取的能量要低。尤其是在牧草生长旺盛期，误差更大。

三、仪器与用品

名称	规格	数量	名称	规格	数量
1. 烘箱	0—250℃, 45×55×55厘米	2	8. 剪刀	大号	10
2. 粉碎机	植物用, 附筛一套	1	9. 样方框	50×50厘米	4
3. 标准分析天平	感量25毫克, 载量5公斤	1	10. 样袋	30×40厘米, 布料	10
4. 筛子	全套	1	11. 皮卷尺	100米	1
5. 台称	感量0.1克, 载量2000克	2	12. 麻绳	牵羊用	10斤
6. 瓷盘	30×40厘米	20	13. 口罩	铁或竹制	16
	12×20厘米, 带盖	40	14. 塑料布		10斤
7. 铁丝网	1×2米	100			

四、试验方法

1. 准备试畜：选品种相同，年龄、体型、体重相仿，食欲旺盛的、无不良嗜好的健康羯羊6—10只。试验前驱除体内、外寄生虫。

2. 准备草地：选择植被组成、类型均一的草地0.2—0.4公顷，用铁丝网封闭。

3. 分设小区：小区的面积根据牧草产量、放牧羊头数、放牧天数而定。生长季节的牧草测产后，按70%含水率粗略计算干物质产量。每只成年羊日食干物质约2.8公斤，按5只羊放牧3天估算划分试验小区，亦用铁丝网隔开。全期正式试验15天，即需准备5个试验小区，连同预试期，最小需要8个小区。

4. 预备试验：牧前测产后，将计划的试验绵羊放入小区，放牧期满后，将绵羊转入下一个小区，牧后测产。预备试验的时间为7—10天，其目的是使绵羊习惯试验条件，观察绵羊采食情况，检查小区面积大小是否合适，最后确定试验绵羊和小区面积。

5. 正式试验

(1) 牧产测产：放牧前在试验小区内选取5个样点，每个样点面积为0.20平方米。刈草测其鲜重，并计算小区内牧草的总产量，抽样测定初水分，粉碎后测定热值，并测定吸附水。从而可计算出放牧前试验小区内牧草贮存的总能量。

(2) 进行试验：将预试挑选好的绵羊放入试验小区，按计划时间放牧。要经常观察，严加管理，防止有病和跳出小区。

(3) 牧后测产：仿牧前测产计算放牧后试验小区内剩余牧草所贮存的总能量。

五、计算

1. 牧前试验小区内牧草贮存的能量。

$$E_{前} = P_{前} (1 - \beta_1\%) \times (1 - \gamma_1\%) E'_{前}$$