

土壤采样的质量保证

CERN土壤分中心

2007,11,20

内容



- 数据质量目标
- 质量保证计划
- 采样操作规程
- 质量保证措施

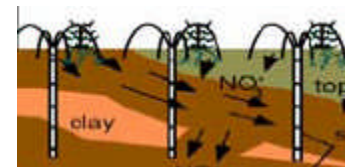
一、数据质量目标



CERN土壤监测目标

观测自然和人为因素共同驱动下不同生态系统土壤质量（肥力、环境与健康质量）的长期变化动态和规律，分析土壤变化的原因和各驱动因素的相互关系，提出土壤管理的优化模式。

其它监测目标

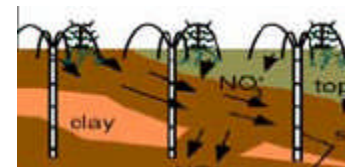


- 识别短期-中期-长期环境变化影响(变幅、频度、重要性和概率)；
- 土壤化学、生物学、物理性质的变化和动态过程；
- 人类活动的影响，区分人类活动与长期天气变化引起观测变异的差别；
- 本地污染物与长距离传输污染的区别；
- 生产力评估
- 生物多样性评估
- 生物地球化学循环过程
- 土壤质量对生态系统服务功能的影响

解释土壤状态和变化的信息

- 参考和背景信息;
- 某一土壤性质（化学、物理、生物）的退化或改善;
- 土壤的生态功能;
- 土壤的生产力功能;
- 短期或长期环境变化，生物多样性改变和人类管理活动

数据质量目标



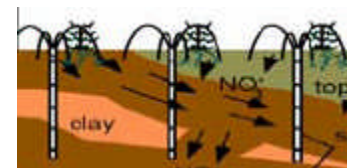
- 目标:

确保长期观测的规范性、可靠性、可比性和完整性，为长期生态学研究和国家决策提供数据支持和相关信息服务。

包括:

准确度，精密度，代表性、可比性、完整性。

具体评估指标



准确度:用分析考核样的准确度评估;

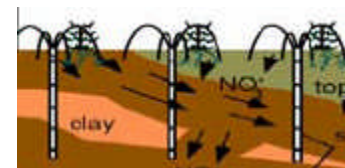
精密度:样地表土样品重复 ≥ 6 ;剖面样 ≥ 3 ;评估分析的
精密度;

代表性:综合观测采样地与区域调查点结合;

可比性:样地固定,采样时间统一,分析方法统一,年度变
异在一定范围内;

完整性:关于监测的背景信息(样地管理,特殊事件记录,
社会经济信息,采样/分析方法)需完整.

二、质量保证计划

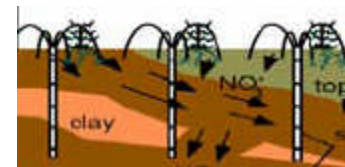


为实现数据质量目标而制定的具体措施，包括采样过程中质量控制实践的行政和管理手段。

制定质量保证计划的步骤

- 明确采样目的；
- 了解所需的数据类型和研究边界；
- 了解采样地点的背景信息；
- 对现存数据的评估；
- 制定采样计划
- 质量保证目的和质量保证规程

1. 采样目的



- 定位监测土壤质量变化

定期对土壤表层（耕层，每年）和土壤剖面的理化性质（每5年/10年）进行测定，研究气候变化和人类活动对土壤质量的影响。

- 研究站代表区域土壤质量变化

定期对站代表区域土壤养分状况进行测定，通过采集表层样品，提出站所代表区域当前土壤养分状况；

特点：不严格区分土壤的发生层次

采样目的



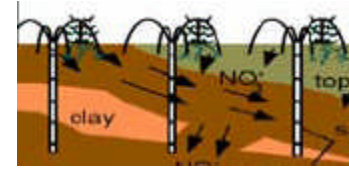
- 土壤背景调查和编制土壤图

按土壤类型和剖面的发生层次采样，分析项目包括土壤化学性质、土壤矿物性质及生物、物理的形状。通常是一次性的。

- 安全性评价

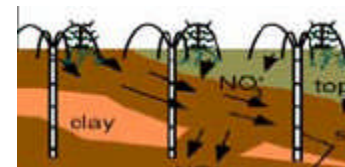
要在某一地区或地点查明有潜在危险的污染状况，需要净化采样工具，根据特定条件制定采样计划。

2. 所需的数据类型



- 本底和参考：土壤分类、剖面层次、样地背景、监测初期样品，本底（矿质全量、微量元素和重金属、颗粒组成），初始土壤理化特征；
- 土壤肥力和碳氮变化：OM，氮，大量和中量元素，微量元素，pH，容重
- 土壤风蚀：颗粒组成
- 空气污染：pH，S，N
- 土壤污染：重金属，有机污染物

定义研究的边界

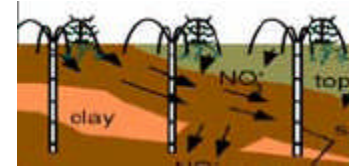


- 空间：样地，站区调查点和站所代表生态系统分布区；
- 时间：100年尺度
- 洛桑试验站建议：在确定长期试验的面积时，要考虑时间尺度，保证今后的裂区试验，目前的农田监测采样地只能满足监测需要。

3. 采样地背景信息

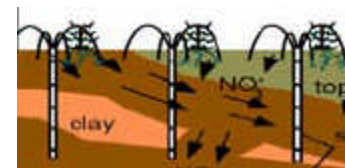
背景调查类别	调查内容
区域自然环境条件	水文、气象、地形地貌、植被、自然灾害
区域社会经济状况	人口、劳力、收入、各业产值、农业投入（机械动力、电力、化肥、农药、农膜）、土地利用（耕地中不同作物面积和产量）、牲畜家禽
区域土壤状况	成土母质、土壤类型、土壤剖面发生层特点、质地、pH、Eh、代换量、盐基饱和度、有效养分、全量养分等
土壤生态环境状况	水土流失状况（土壤侵蚀类型、侵蚀分布面积、侵蚀模数）、沼泽化状况、潜育化状况、盐渍化状况、土壤酸化状况
土壤环境污染状况	农灌水污染状况、大气污染状况、污染源情况（农业固体废弃物投入、农业化学物质投入情况）
相关图件	地形图、土地利用图、行政区划图、土壤类型图、植被图

4. 对现存数据的评估



- 了解土壤性质的时空变异性
- 在目前采样设计下的不确定度
- 需要改进的问题

土壤性质的时空变异性



- 空间：水平方向和垂直方向的变异，由自然因素（母质、地形、植被）和人为因素（耕作、施肥）引起。空间变异随采样面积增大而增加，深层土壤性质的变异大于表层土壤性质的变异。
- 长期观测以时间上的变化为主要观测对象，需调查采样地空间变异的水平，保证不同时间采集的样品具有空间一致性。

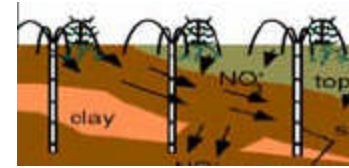
农田土壤空间变异



12个农田综合观测采样地空间变异调查结果

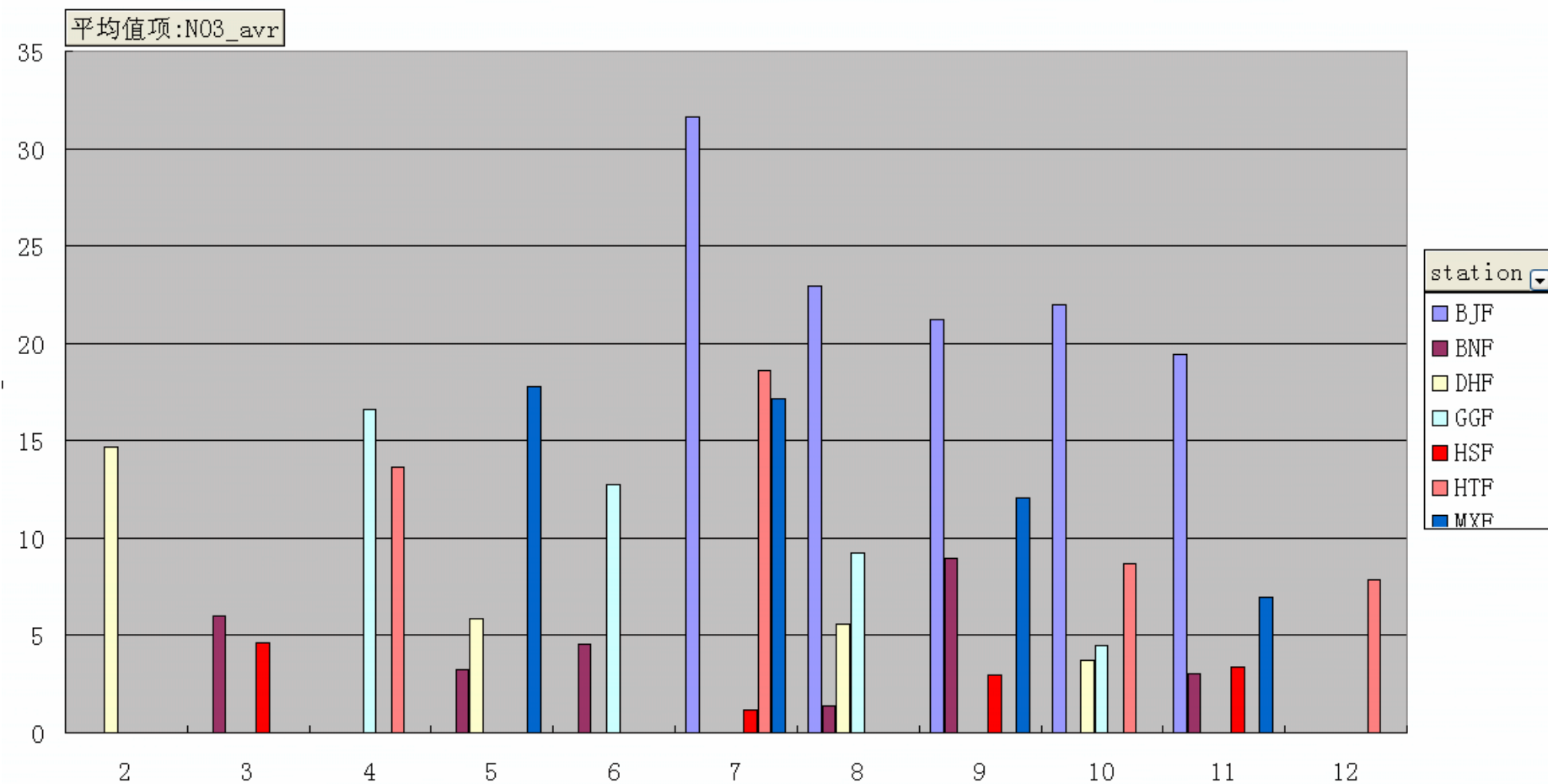
项目	变异系数
有机质	5~27%
碱解氮	2~34%
有效磷	20~74%
速效钾	7~88.5%

土壤性质时间变异性

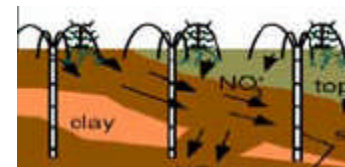


- 土壤性质在时间上变化受管理措施（施肥、灌溉、耕作、收获）、环境因素（气候或微气象条件）、植物生长的影响。
- 如需比较不同年份的季节性变化，则采样时间需要控制在同一时间段内。
- 为联网比较，CERN年度采样统一在作物（植物）收获后的8-11月进行。

森林土壤不同月份土壤硝态氮动态

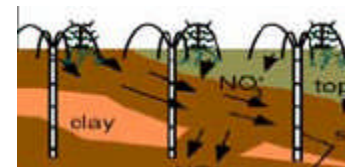


观测的不确定度评估



- 观测水平的必要标志
- 观测方法（溯源、标准）的要求
- 联网比对和能力验证的需要

数据的不确定度



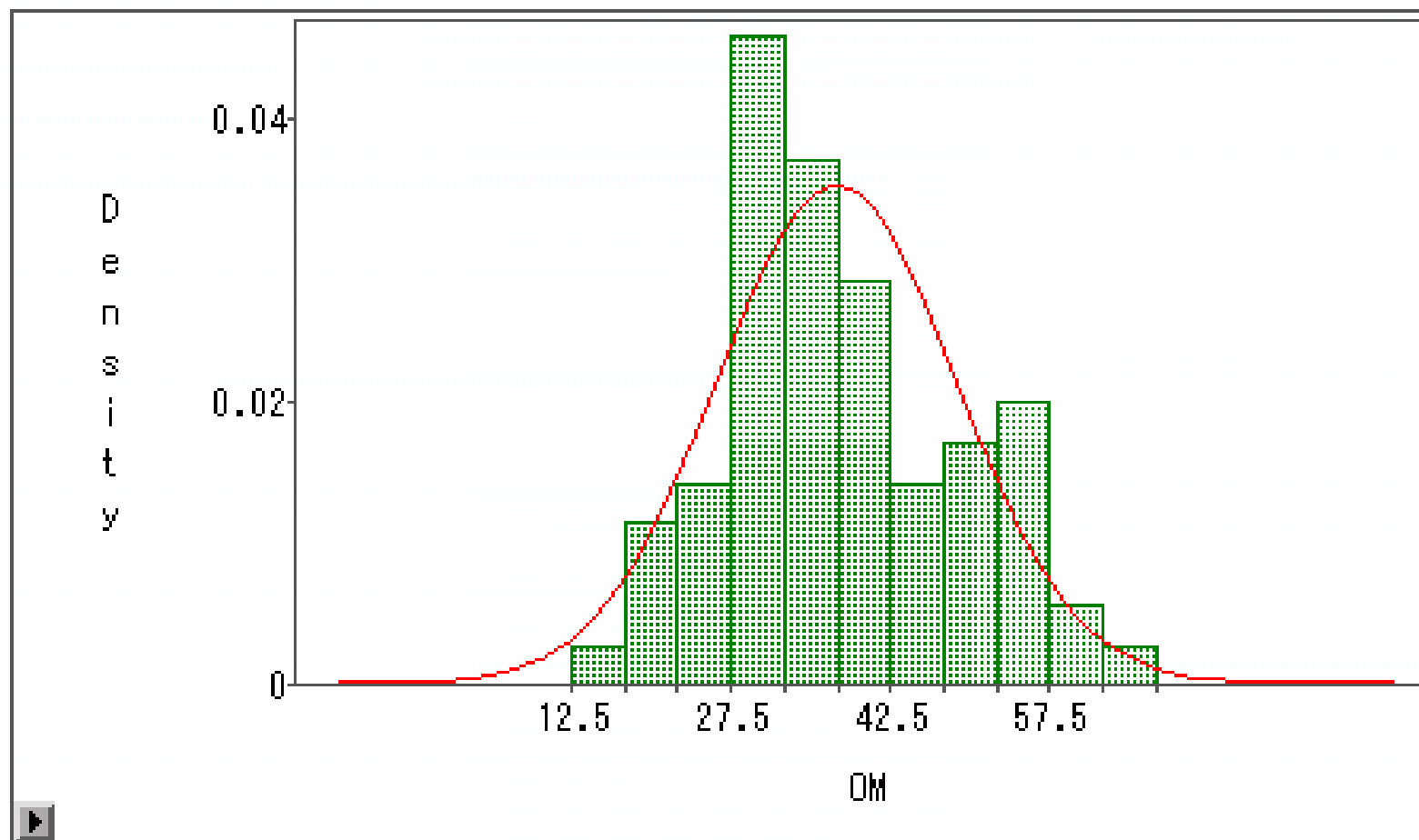
- 不确定度的表达

可用平均值的标准偏差或数据集的标准偏差表示

- 置信区间：

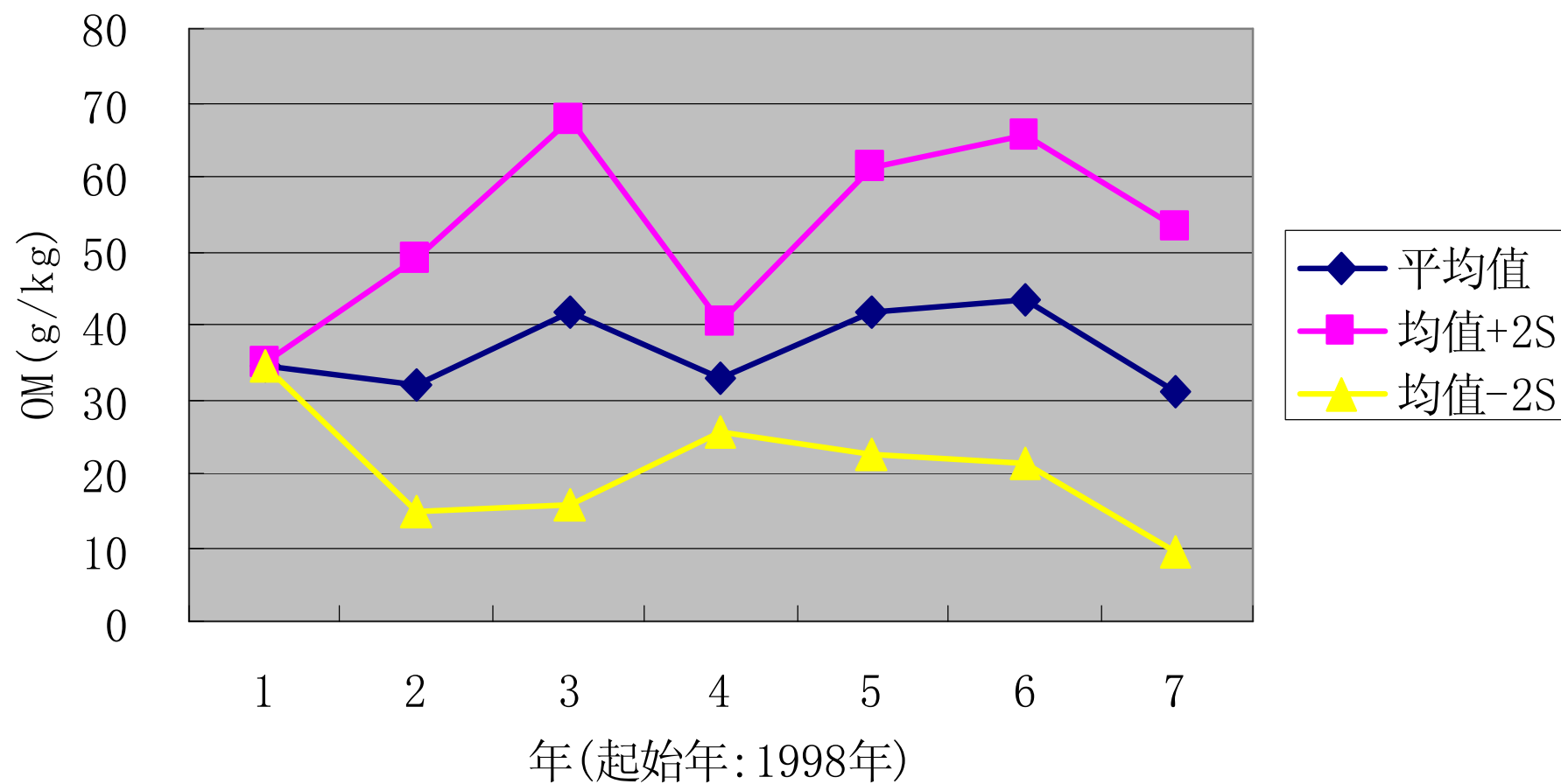
如果测量值是正态分布, 置信界限相对平均值是对称的, 对于95%的置信区间置信界限近似为平均值上下的2 个标准偏差.

会同站综合观测场表土有机质数据分布频度图 (1998-2005)

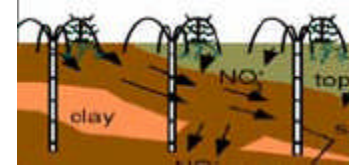


均值:37.6, 中位数: 35.7, 标准差: 11.3, 标准误: 1.35;

会同站综合观测场表土有机质逐年观测均值和不确定度



不确定度的来源



- 不确定度来自数据获取的全过程：包括采样设计、采样、前处理、分析、数据计算和录入。
- 据EPA统计，近90%的土壤数据变异来自空间或时间变异，8%的变异来自采样，2%的变异来自分析。
- 随机采样误差：与随机样本数相关，例如表土混合样至少应15-30个点混合；

不正确采样方式引起的不确定度

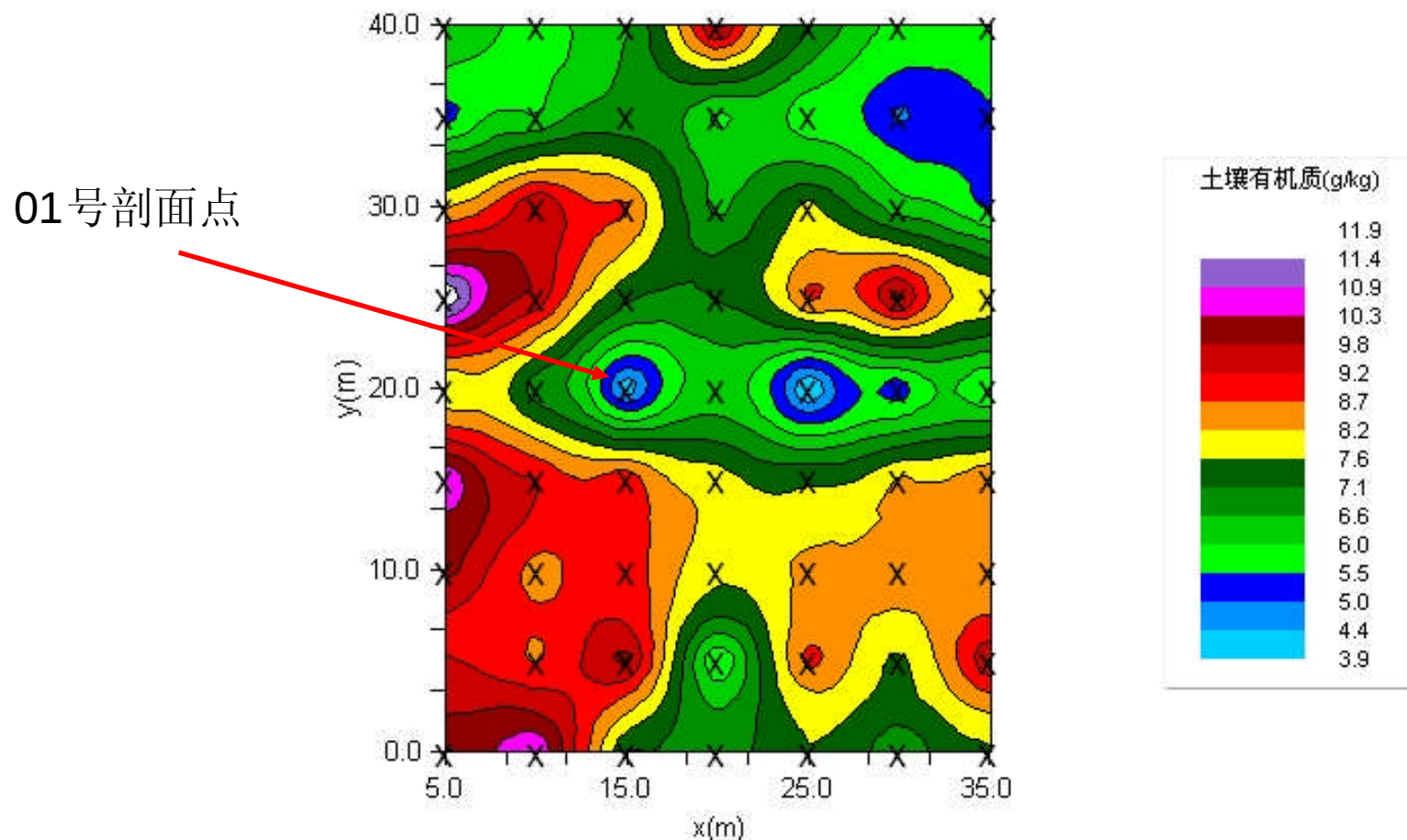
- 缺乏代表性：采集的样品不能代表真实世界（采样区的代表性、采样方式、采样时间等）；
- 空间变异性：无法通过随机大样本取样克服的变异性。
- 概念不清：
 - 1) 未区分腐殖层和矿质土壤
 - 2) 每年采样深度有变
 - 3) 用剖面样代替表土混合样

采样误差实例

- 由农田剖面样替代表土混合样形成的误差

年	采样深度	OM 均值	标准差	n
2005	0-10 10-20	6.57	2.97	6
2006	0-15	8.96	2.21	12

样品个数、采样尺度差异和层次不同是造成年间差异的主要原因



2005年的01号剖面表层有机质为 3.75g/kg ，使2005年均值较低。分析土壤空间变异数据，该剖面所在的位置，恰恰是观测场有机质含量较低的片区之一。

改进的采样策略：**1)** 匀地；**2)** 分区采样；**3)** 剖面样不能代替表层混合样

采样误差实例

- 采样深度引起的误差

年	土壤类型	采样深度	OM平均值	标准差	n
2001	高腐殖质森林土壤	0-15	113.6	79.1	6
2002	高腐殖质森林土壤	0-15	105.5	11.1	6
2003	高腐殖质森林土壤	0-15	130.6	21.7	6
2004	高腐殖质森林土壤	0-20	68.5	15.5	12
2005	高腐殖质森林土壤	+10-0	180.5	60.6	12
2005	高腐殖质森林土壤	0-20	13.4	4.5	12
2004	灌淤土壤, 底层为流沙	0-15	10.1	0.1	6
2005	灌淤土壤, 底层为流沙	0-10	10.7	1.3	3
2005	灌淤土壤, 底层为流沙	10-20	9.5	0.6	3
2006	灌淤土壤, 底层为流沙	0-20	6.0	1.7	12

腐殖质引起误差

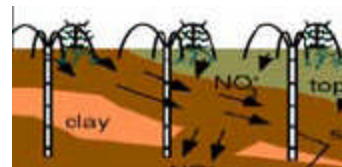
采样深度或分析引起差异

5 制定采样计划



- 土壤类型和背景调查
- 采样工具（是否需要净化，GPS，地形图等）
- 样地的采样设计：
 - 表土样：依据空间变异划分采样分区和混合点数，采样深度按照各台站实际情况固定，不能用剖面样代替表土样；
 - 剖面样：选择代表该样地土壤性质的样点采样，兼顾对样地的保护；

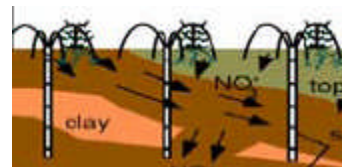
三、采样操作规程



采样的基本原则

- 随机性：样品是随机地取自所代表的总体；
- 等量性：不同观测类型的数据需要对比时，其样本量应该一致；
- 代表性：在两种差异大的土壤上采集样品并混合，其分析结果不能代表两种土壤的平均值。

采样操作规程



农田土壤采样操作规程(草案)

森林土壤采样操作规程

草地土壤采样操作规程

荒漠土壤采样操作规程

沼泽土壤采样操作规程

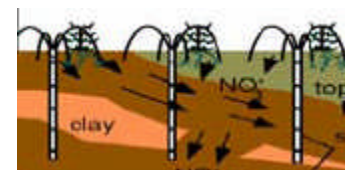
四、质量保证措施



如何实现数据质量目标

- 提高准确度：减少数据的不确定性；
- 提高精密度：田块尺度的重复；
- 提高代表性：样地代表性和采样代表性
- 提高可比性：采样时间，采样深度，采样分区一致
- 提高完整性：详细记录采样过程，背景信息和样品收集，样品保存

农田生态系统



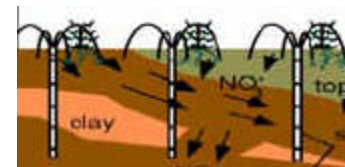
监测主要内容:

1) 气候变化和代表性管理方式对作物产量、土壤肥力及土壤环境的影响——通过监测综合观测采样地及区域调查点实施。

需要注意的问题:

综合观测采样地的区域代表性，区域调查点要有足够的样本量。

农田生态系统

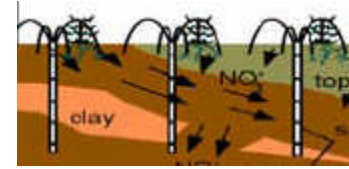


2) 不同农田管理（施肥、灌溉和施用农药）对作物产量、土壤肥力及土壤环境的影响——通过监测辅助长期观测采样地（空白、化肥、有机肥）实施。

需注意的问题：

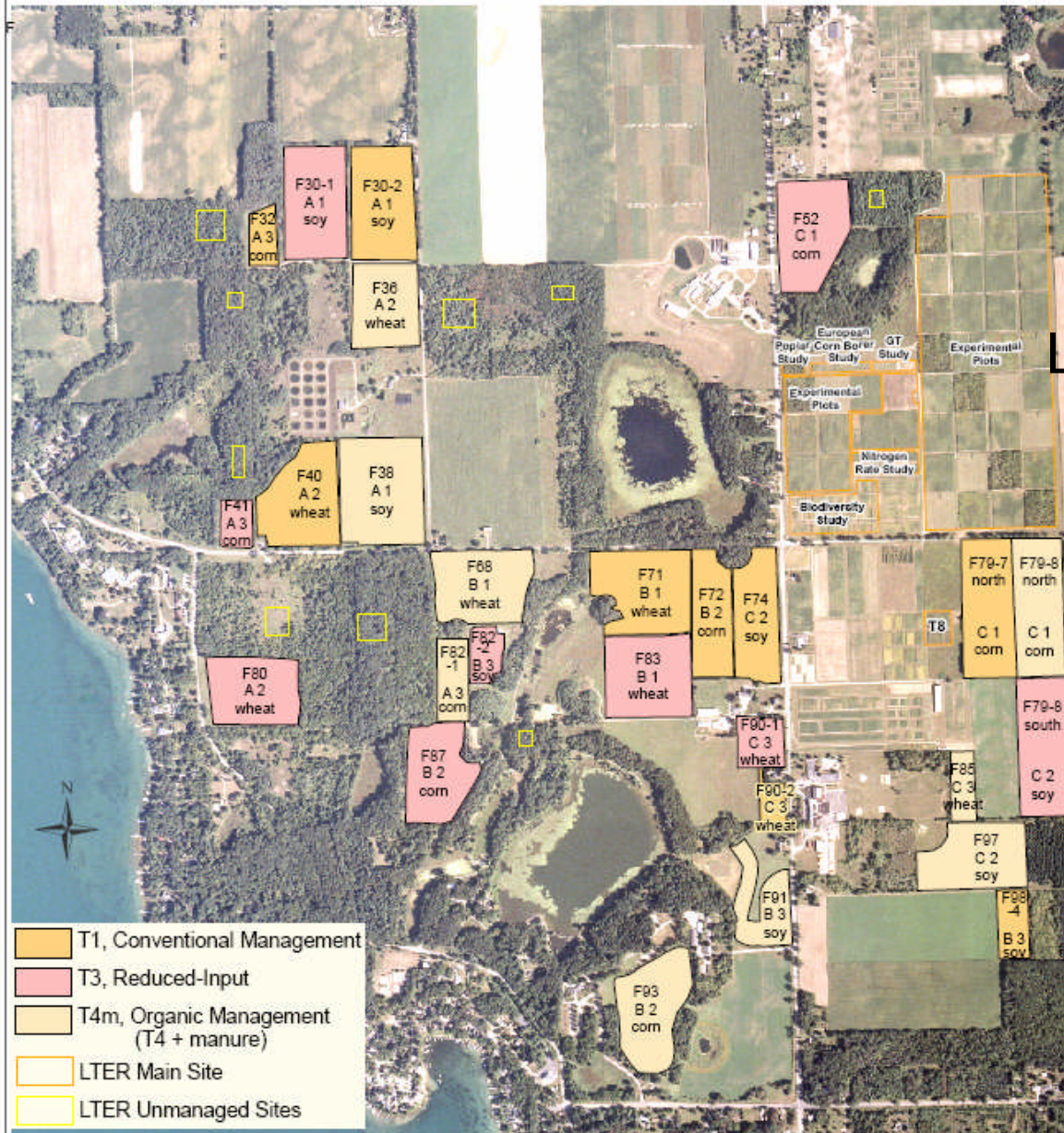
长期定位观测设计的重复及初始条件一致

试验重复



- 重复次数和位置是决定长期试验成功与否的关键；
- 从一个小区中进行多次观察不是真正的重复，采样间的变异只包括采样误差而不是试验误差；
- 重复不足将无法得出可靠的结果。

LTER Scale-Up Fields



Key to Scale-up Fields:
A, B, C - Replicate Block

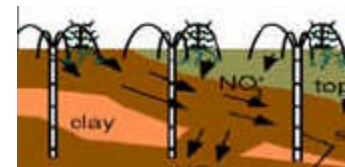
LTER KBS 尺度扩展试验

Key to Scale-up Fields:
A, B, C - Replicate Block
1, 2, 3 - Size Class (1 = large)
T1, T3, T4m - Management Treatment
crop = corn, soybean or wheat

共27个试验区

photo: 24 Aug. 2005

森林生态系统



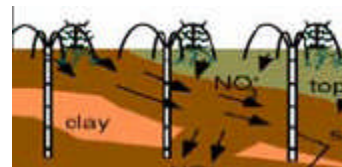
特点:

森林演替对土壤的影响；森林自身周期性波动对土壤的影响。

监测主要内容:

- 辨别森林是否退化过程，
- 土壤质量变化对森林生态系统功能的影响；
- 区分长期变化趋势与短期波动的影响。

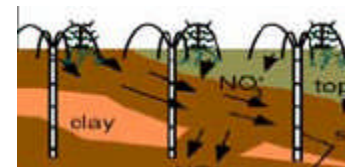
森林生态系统



- 需要注意的问题：

- 森林土壤的空间异质性，空间变异大于时间变化。
- 在样地中选择均匀地段作为实际取样区域；陡坡样地可分别在坡上、坡中、坡下选择均匀地段采集混合样，每个地段至少应三个重复；
- 去掉凋落物后，顶部的腐殖层单独取样。

草地生态系统



- 监测主要内容:

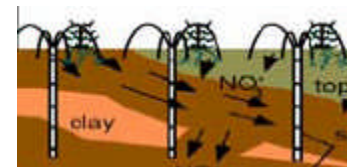
气候变化影响:不同演替阶段植物群落下的土壤质量;

人类活动影响:放牧和封育下的土壤质量变化

需要注意的问题:

同样存在观测试验的重复问题

荒漠生态系统



特点：空间异质性高——微地形变化、风蚀和风积、灌丛引起肥岛效应。需了解采样区的空间变异，分区采样。

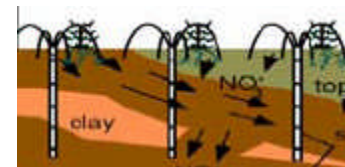


问题：空间变异大，无微地形记录，表土有机质变异在2~61%。

不同年份采样点类型不同，以样地为单位的平均值差异较大

年	采样点描述(微地形)	采样深度(cm)	0-10cm均值	标准差	n
2005	固定沙丘	0-10	3.01	1.49	10
2005	固定沙丘	10-20	2.43	1.48	9
2005	平地	0-10	4.32	0.72	4
2005	平地	10-20	3.60	0.58	5
2005	平地, 灌丛	0-10	7.98		1
2005	坡地	0-10	2.37	1.03	20
2005	坡地	10-20	1.59	0.74	21
2006	坡地	0-10	4.54	1.69	26
2006	坡地	10-20	3.02	1.12	26
2006	滩地	0-10	9.69	3.76	6
2006	滩地	10-20	4.78	2.32	6

沼泽生态系统

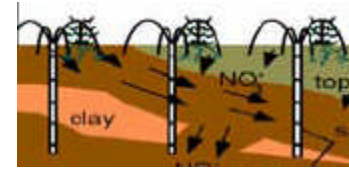


特点：土壤常年处于饱和或季节性饱和状态，气候水文条件均会影响土壤的物理化学性质，空间变异和时间变异均较大。

同一类型土壤干季和湿季有机质空间变异系数分别为67%和100（Nogueiran, 2002）。

如何长期监测变异性较大的沼泽土壤，仍然是面临的挑战。

特殊目的样品采集



1) 用于微量元素和重金属分析

避免在采样和样品处理过程中对所分析的元素造成污染;

2) 用于土壤微生物分析

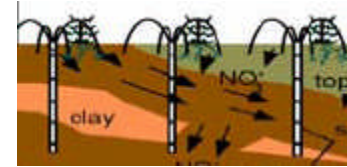
未经人为扰动的土壤, 农田在施肥前或收获后采样, 避免雨季采样。采样工具和容器须事先灭菌, 或用土样擦洗, 避免杂菌污染;

土壤采样的质量保证措施

- 明确采样人员职责
- 重视不同管理方式下样地长期定位观测的试验重复
- 重视背景信息和本底样品的收集
- 重视采样设计
- 重视样地管理、采样的详细记录

土壤采样的质量保证措施

- 合理采样设计以减少不确定度
 - 选择均匀的地段，尽量减少空间变异；每年选择相同的采样时段以减少季节变化影响；
 - 空间变异大的区域分区取样，分区内尽量均匀，分区间有变异；
 - 随机取表土混合样，保证足够多取样点；剖面样的表层样品不能代替表土混合样；
 - 每年取样深度一致，分区采样的类型一致。



谢谢!