

ISPM 31



国际植物检疫措施标准

国际植检措施标准第 31 号

货物抽样方法

(2008 年)

联合国粮食及农业组织国际植保公约秘书处



#### **出台背景说明**

这部分不属于本标准的正式内容

出版物仅指该语言版本。出台背景的完整说明参见本标准的英文版。

本标准于 2008 年 4 月经植物检疫措施委员会批准

**国际植检措施标准第 31 号**. 2008. 《货物抽样方法》

罗马，国际植物保护公约，粮农组织。

中文翻译由中国 NPP0 审校于 2009 年 6 月

本标准由秘书处重订格式于 2012 年 8 月

出台背景：最后更新于 2012 年 8 月

## 目录

批准 .....	31-5
引言 .....	31-5
范围 .....	31-5
参考文献 .....	31-5
定义 .....	31-5
要求概要 .....	31-5
背景 .....	31-5
货物抽样的目的 .....	31-6
要求 .....	31-6
1. 批次的确定 .....	31-6
2. 样本单位 .....	31-7
3. 统计和非统计学抽样 .....	31-7
3.1 基于统计学的抽样 .....	31-7
3.1.1 参数和相关概念 .....	31-7
3.1.1.1 可接受的数量 .....	31-7
3.1.1.2 检测水平 .....	31-8
3.1.1.3 置信水平 .....	31-8
3.1.1.4 检测效能 .....	31-8
3.1.1.5 样本容量 .....	31-8
3.1.1.6 允许量水平 .....	31-8
3.1.2 参数与允许量水平之间的关联 .....	31-8
3.1.3 基于统计学的抽样方法 .....	31-9
3.1.3.1 简单随机抽样 .....	31-9
3.1.3.2 系统抽样 .....	31-9
3.1.3.3 分层抽样 .....	31-9
3.1.3.4 序贯抽样 .....	31-9
3.1.3.5 整群抽样 .....	31-9
3.1.3.6 固定比例抽样 .....	31-10
3.2 非基于统计学的抽样 .....	31-10
3.2.1 便利抽样 .....	31-10
3.2.2 偶遇抽样 .....	31-10
3.2.3 选择性或有针对性抽样 .....	31-10
4. 选择抽样方法 .....	31-10
5. 样本容量的确定 .....	31-11
5.1 有害生物在批次中的未知分布 .....	31-11

---

5.2 有害生物在批次中聚集分布 .....	31-11
6. 不同的检测水平 .....	31-11
7. 抽样结果 .....	31-12
附件 1: 附录 2—5 使用的公式 .....	31-13
附件 2: 小批量货物样本容量的计算: 基于超几何分布的抽样 (简单随机抽样) .....	31-14
附件 3: 大批量货物的抽样: 基于二项或泊松分布的抽样 .....	31-17
附件 4: 聚集分布的有害生物的抽样: 基于 $\beta$ 二项分布的抽样 .....	31-19
附件 5: 超几何和固定比例抽样结果比较 .....	31-20

## 批准

本标准于 2008 年 4 月经植物检疫措施委员会批准。

## 引言

## 范围

本标准用于指导国家植保机构（NPPOs）选择检验或检测货物的适宜的抽样方法，以确定符合植物检疫要求。

本标准不用于指导田间抽样（如调查所要求者）。

## 参考文献

**Cochran, W.G.** 1977。《抽样技术》。第 3 版。New York, John Wiley & Sons。428 页。

**ISPM 1.** 2006 年。《关于植物保护在国际贸易中应用植物检疫措施的植物检疫原则》。罗马，粮农组织，国际植保公约。[□修□，□有版本□ ISPM 第 1 号：2006 年]

**ISPM 5.**《植物检疫术语表》。罗马，粮农组织，国际植保公约。

**ISPM 11.** 2004 年。《□疫性有害生物□□分析，包括□境□□和活体□基因生物分析》。罗马，粮农组织，国际植保公约。

**ISPM 20.** 2004 年。《输入植物检疫管理系统准则》。□□，粮□□□，国际植保公约。

**ISPM 21.** 2004 年。《非检疫性限定有害生物风险分析》。□□，粮□□□，国际植保公约。

**ISPM 23.** 2005 年。《检验准则》。罗马，粮农组织，国际植保公约。

## 定义

本标准中所使用的植物检疫术语定义见 ISPM 第 5 号（《植物检疫术语表》）。

## 要求概要

为检验国际贸易中流动的商品，国家植保机构在选择样本时使用的抽样方法是基于很多抽样概念。这包括诸如可接受的水平、检测水平、置信水平、检测效能及样本容量等参数。

使用基于统计学的方法，如简单随机抽样、系统抽样、分层抽样、序贯抽样或整群抽样等，得到的结果具有一定的统计置信水平。其他不是基于统计学的抽样方法，如便利抽样、偶遇抽样和选择性抽样，可能产生有效的结果以确定是否存在限定有害生物，但不能在此基础上作统计推断。操作方面的限制因素会对这种或那种方法的可行性产生影响。

在使用抽样方法时，国家植保机构接受一定程度的未能发现违规货物的风险。使用基于统计学的方法只能产生具有一定置信水平的结果，但不能证明货物中没有某种有害生物。

## 背景

本标准为 ISPM 第 20 号（2004 年）和 ISPM 第 23 号（2005 年）提供统计学基础并作出补充。对贸易中流动的限定物货物进行检验是有害生物风险管理的重要手段，也是世界范围内用于确定是否存在有害生物和/或是否符合输入植物检疫要求的最常用的植物检疫程序。

通常不可能检验所有的货物，因此植物检疫检验主要针对从货物中抽取的样本进行。值得注意的是，本标准中给出的抽样概念也可适用于其他植物检疫程序，特别是抽取用于检测的单位。

对植物、植物产品和其他限定的抽样可在出口前、进口时或国家植保机构确定的其他时机进行。

由于基于抽样进行的检验可能导致拒绝签发植物检疫证书、拒绝入境或处理、销毁全部或部分货物，因此用文件保存好国家植保机构建立和使用的抽样程序并做到公开透明，同时考虑到最小影响力原则（ISPM 第 1 号：2006 年）非常重要。

国家植保机构使用的抽样方法取决于抽样目的（如供检测用的抽样），可仅以统计学为基础，或在制定时考虑到特定的操作上的制约因素。为达到抽样目的制定的抽样方法，限于操作上的限制因素，其结果可能无法获得和完全基于统计学的方法相同的置信水平，但对有些预期的抽样目的，这些方法仍可给出有效的结果。如果抽样的唯一目的是为了发现某种有害生物的几率，选择性或有针对性的抽样同样有效。

## 货物抽样的目的

为检验和/或检测进行货物抽样是为了：

- 发现限定有害生物
- 确保货物中限定有害生物或受侵染单位的数量没有超过该有害生物的特定允许水平
- 确定货物的一般植物检疫状况
- 发现植物检疫风险未定的生物
- 尽可能提高检出特定的限定有害生物的概率
- 尽可能用好现有的抽样手段
- 收集信息，例如对途径的监测
- 验证符合植物检疫要求
- 确定受侵染货物的比例

应认识到以抽样为基础的检验和/或检测总会有一定程度的误差。接受一定的有害生物存在的概率，是使用抽样程序进行检验和/或检测的内在特性。使用以统计学为基础的抽样方法进行检验和/或检测，可为有害生物的发生率低于一定水平提供一定的置信水平，但并未证明有害生物在货物中确实不存在。

## 要求

### 1. 批次的确定

货物可由一个或多个批次组成。当货物含有超过一个以上的批次时，为确定符合（植物检疫要求）而作的检验可包括几个独立的直观检查，因此各批次应分别抽样。在这类情况下，应确定每一批货物的样本并将其分开，以便在随后的检验或检测中发现不符合植物检疫要求时，可准确地找到相应的货物批次。是否对一个批次进行检验，应根据 ISPM 第 23 号（2005 年，1.5 节）提到的因素做出决定。

供抽样的批次应是含多个单位的单一商品，单一商品可据以下因素的同质性进行确定：

- 原产地
- 生产者
- 包装设备
- 种类、品种或成熟度
- 出口商
- 生产地区

- 限定有害生物及其特征
- 在原产地的处理
- 处理类型

国家植保机构用于确定批次的标准在相似的货物上使用时应具有一致性。

为方便而将多种商品视为一个批次，可能意味着无法从抽样结果中作出统计推论。

## 2. 样本单位

抽样首先要确定适宜的抽样单位（例如，果实、茎、束、单位重量、袋或纸板箱）。样本单位的确定取决于有害生物在货物中分布的均匀程度，有害生物是静止还是移动，货物如何包装、预期用途及操作层面的考虑等。例如，如果仅依据有害生物的生物学特性，移动性弱的有害生物适宜的样本单位可为单一的植物或植物产品，而对移动的有害生物，纸板箱或其它商品容器可能是更好的样本单位。然而，当检验是为了检测一种以上的有害生物时，需考虑其它因素（如不同样本单位的实用性）。样本单位的定义应一致，样本相互独立。这将便于国家植保机构简化根据样本推断至选出该样本的批次或货物。

## 3. 统计和非统计学抽样

抽样方法是由国家植保机构批准的抽取供检验和/或检测用的货物单位的程序。为对货物或批次进行植物检疫检验而进行的抽样，是从货物或批次中抽取货物单位，且不必复置<sup>1</sup>。国家植保机构可以选用一种基于统计学的或者非统计性的抽样方法。

设计基于统计学或有针对性的抽样方法是为了便于在货物和/或批次中发现限定有害生物。

### 3.1 基于统计学的抽样

基于统计学的抽样方法包括确定一些相互关联的参数，并选择最适合的基于统计学的抽样方法。

#### 3.1.1 参数和相关概念

基于统计学的抽样方法用于在特定置信水平下检测受侵染的百分比或比例，因此要求国家植保机构确定下列相互关联的参数：可接受的数量、检测水平、置信水平、检测效能和样本容量。这也间接说明抽样方法是以统计学为基础的。国家植保机构也可针对某些有害生物（例如非检疫性限定有害生物）建立允许量水平。

##### 3.1.1.1 可接受的数量

可接受的数量是在采取植物检疫措施前，在给定容量的样本中可允许的受侵染单位的数量或有害生物个体数量。针对检疫性有害生物，许多国家植保机构将这一数量确定为零。例如，如果可接受的数量是 0，而在样本中发现了一个被感染的货物单位，则要采取植物检疫行动。重要的是要认识到，一个样本中可接受的数量为 0 并不意味着一批货物作为整体，其允许量水平为 0。即使样本中没有发现有害生物，货物的其他部分也可能存在有害生物，尽管数量很少。

可接受的数量和样本相联系。可接受的数量是指样本中可允许的受侵染单位或有害生物的数量，而允许量水平则指整批货物的情况（参见 3.1.1.6 节）。

<sup>1</sup> 不复置抽样是指从货物或批次中抽取一个单位，在抽取下一个单位前并不放回该单位。不复置抽样并不意味着抽取的物体不能放回货物中去（破坏性抽样除外），而是指检疫员在抽完剩余的样本前不应放回去。

### 3.1.1.2 □□水平

检测水平是国家植保机构想在一批货物中，用抽样方法在规定的检测效能和置信水平下，检测到的最低侵染百分比或比例。

检测水平可针对某种有害生物、一群或一类有害生物，或未指明的有害生物而设定。检测水平可源于：

- 基于有害生物风险分析所作出的检测特定侵染水平的决定（确定侵染会导致不可接受的风险）
- 检验前对所使用的植物检疫措施的有效性进行评估，
- 以操作为基础的决定，即超过一定水平的检验强度不现实。

### 3.1.1.3 置信水平

置信水平是指当货物受侵染程度超过检测水平时，即能被检测出来的概率。95%是常用的置信水平。根据商品的预期用途，国家植保机构可选用不同的置信水平，例如：种植用商品可采用比消费用商品更高的检测置信水平。置信水平也可因为植物检疫措施的力度大小及违规历史记录而不同。很高的置信水平数值难以达到，而更低的置信水平对决策的意义不大。95%的置信水平意味着从抽样结果得出的结论，平均 100 次能有 95 次检测出某一违规商品。因此，也可认为平均有 5%的违规商品未能检出。

### 3.1.1.4 □□效能

检测的效能是指，检验或检测一个受侵染单位时能发现有害生物的概率。总的来说，效能不应假定为 100%。例如，有害生物可能难以被直观检查到，植物可能不表现出发病症状（隐症），效能因人为错误而降低。在确定样本容量时可使用较低的效能值（例如，当检验一个受侵染单位时，检出有害生物的几率设为 80%）。

### 3.1.1.5 □本容量

样本容量是从批次或货物中抽取的用于检验或检测的单位数量。关于确定样本容量的指导见第 5 节。

### 3.1.1.6 允□量水平

允许量水平指用作植物检疫行动阈值的整批货物或批次中受侵染的比例。超过允许量将导致采取植物检疫行动。

可针对非检疫性限定有害生物（参见 2004 年 ISPM 第 21 号 4.4 节），也可针对和其他输入植物检疫要求有关的情况（如木材上的树皮和植物根部的土壤）建立允许量水平。

如 3.1.1.1 节所述，考虑到在未抽样的单位也有一定的概率带有有害生物，多数国家植保机构为所有的检疫性有害生物设定了零允许量。然而，国家植保机构可依据有害生物风险分析，决定为一种检疫性有害生物确定一个允许量（参看 2004 年 ISPM 第 11 号 3.4.1 节），然后确定从其中抽样的比例。例如，如果一种有害生物的定殖能力较弱，或产品预期的最终用途（如，进口用于加工的新鲜水果和蔬菜）限制了该有害生物传入受威胁地区的可能性，少量的检疫性有害生物可以接受，因此国家植保机构可以确定一个大于零的允许量。

## 3.1.2 参数与允□量水平之□的关□

5 个参数（可接受的数量、检测水平、置信水平、检测效能和样本容量）在统计上是相关联的。考虑到确定的允许量水平，国家植保机构应确定所使用的检测方法的效能，并据此确定样本中可接受的数量；可任意选择剩余三个参数中的两个，余下的参数可据其它参数的数值确定。



如果使用大于零的允许量水平，选定的检测水平应与允许量水平相等（或低于，如果可接受的数量大于零），以确保在特定的置信水平下能够检测出受侵染水平高于允许量水平的货物。

如在样本单位中未能检出有害生物，对货物受侵染的比率的描述不能超越以下实际，即受侵染的比率在特定的置信水平下低于检测水平。如有害生物在容量适当的样本中未被检出，置信水平给出了允许量水平未被超过的概率。

### 3.1.3 基于□□学的抽□方法

#### 3.1.3.1 □□随机抽□

简单随机抽样的结果是所有样本单位从批次或货物中被抽取的概率相同。简单随机抽样是指使用某种工具，如随机数字表，抽取样本单位。使用预先确定的随机程序是这一方法与偶遇抽样方法的区别（参看 3.2.2 节）。

当对有害生物的分布或受侵染的比率了解很少时使用这种方法。简单随机抽样在操作时可能难以正确应用。使用这种方法时，每一单位被抽取的概率应该相同。当有害生物在批次中不是随机分布时，这种方法可能不是最佳选择。简单随机抽样可能比其他抽样方法需要更多的投入。其应用取决于货物的类型和/或结构。

#### 3.1.3.2 系□抽□

系统抽样是指按照固定的、预先确定的间隔从一个批次所含的单位中抽取一个样本。然而，第一次抽取必须是在整个批次中随机抽取。如果有害生物的分布方式与抽样间隔相似，结果就有可能出现偏差。

这种方法的两个优点是，抽样过程可由机器自动完成，且仅在抽取第一个单位时需要使用随机程序。

#### 3.1.3.3 分□抽□

分层抽样是指将批次分成不同的部分（即层），然后从各个和每个部分中抽取样本单位。在每一部分内，使用特定的方法（系统或随机）抽取样本单位。在一些情况下，可能从各部分抽取不同数量的样本单位—例如，样本单位数量可与各部分的大小成比例，或基于预先掌握的有关各部分受侵染情况的信息。

如果切实可行，分层抽样几乎总能提高检测精度。伴随分层抽样的变化越小，取得的结果越准确。当受包装程序或储藏条件影响，批次内侵染水平存有差异时尤其如此。当预先了解有害生物分布，且操作条件也允许时，分层抽样是较好的选择。

#### 3.1.3.4 序□抽□

序贯抽样是指使用上述方法之一抽取一系列样本单位。抽取每一样本（或组）后，对数据进行汇总并与预先确定的范围进行比较，以决定是否接受货物、拒绝货物或继续抽样。

当确定了一个大于零的允许量水平，且第一批样本单位不能提供足够的信息以确定允许量水平是否被超过时，可以使用这种方法。如果任意容量的样本的可接受的数量是零时，就不能使用这种方法。序贯抽样可减少做决定所需的样本数量，或降低符合规定的货物遭到拒绝的可能性。

#### 3.1.3.5 整群抽□

整群抽样是指按照预定群体规模（例如，一箱水果、一束花）成群地抽取单位以组成需从批次中抽取的总的样本单位数量。如果群体规模相同，整群抽样的评价更加简单可靠。如果可

用于抽样的投入有限，这种方法很有用，在可预见有害生物是随机分布时，也可取得很好的效果。

整群抽样可以分层，也可使用系统或随机的方法抽取样本群。在基于统计学的各种方法中，这一方法常常最为实用。

### 3.1.3.6 固定比例抽□

从批次中抽取固定比例的单位（如 2%），会使得货物批量不同时，检测水平和置信水平也随之变化。如附录 4 所示，在给定的检测水平下，固定比例抽样会导致置信水平产生变化，反之在给定的置信水平下，检测水平会发生变化。

## 3.2 非基于□□学的抽□

其他非基于统计学的抽样方法，例如便利抽样、偶遇抽样或选择性或有针对性的抽样，可获得有效结果，确定是否存在限定有害生物。基于操作方面的特殊考虑或者当抽样的目的仅仅是检测有害生物时，可使用下列方法。

### 3.2.1 便利抽□

便利抽样是指从批次中抽取最方便的单位（如易接近、最便宜或最快捷），而不用随机或系统地抽取单位。

### 3.2.2 偶遇抽□

偶遇抽样是指任意抽取单位而不使用真正的随机程序。由于检疫员不是故意要有偏差，这种方法通常给人的感觉是随机的。但可能出现无意识的偏差，因此样本对批次的代表程度也无从知道。

### 3.2.3 □□性或□□性抽□

选择性抽样是指有意从一个批次中抽取最有可能被侵染的部分，或已明显被侵染的单位，以提高检出特定限定有害生物的机率。这种方法可依靠对待检商品富有经验并熟悉有害生物的生物特性的检疫员来实施。通过途径分析确定批次中某个特定部位被侵染的概率更高时（如，原木中潮湿的部分更易携带线虫），也可引发这一方法的使用。由于样本有针对性，因而具有统计偏向性，不能据此作出批次受侵染水平的概率声明。然而，如果抽样目的仅仅是为了增加发现某种限定有害生物的机率，这一方法是有效的。为达到检测其它限定有害生物的一般置信水平，可能需要单独的商品样本。使用选择性或针对性抽样，可能限制获得该批次或货物总体有害生物状况信息的概率，因为抽样集中于特定限定有害生物可能藏匿的部分而不是该批次或货物的其余部分。

## 4. 选择抽样方法

大多数情况下，选择适宜的抽样方法，必须取决于所掌握的有害生物在货物或批次中的发生率和分布信息，以及与所考虑的检验情况相关的操作参数。在大多数植物检疫实践中，操作方面的限制因素决定了这样或那样方法的可行性。随后，确定实际可行的抽样方法的统计有效性会缩小供选方法的范围。

国家植保机构最终选定的抽样方法应具操作可行性，最适于实现抽样目的，并且很好地记录以求透明。操作可行性与对因具体情况而异的一些因素所作的判断直接相关，但应得到一致的应用。

如果抽样是为了提高发现一种特定有害生物的机率，只要检疫员能够确定批次中的哪些部位被侵染的概率更高，针对性抽样（参见 3.2.3 节）可能是更好的选择。如缺少这方面的信

息，基于统计学的抽样方法则更为适宜。非基于统计学的抽样使每个单位被抽作样本的概率不同，不能量化置信水平和检测水平。

如果抽样是为了提供货物总的检疫状况、检测多种检疫性有害生物或查验是否符合植物检疫要求或者收集信息，宜选用一种基于统计学的方法。

选择基于统计学的抽样方法时，可考虑货物是如何收获、分选及包装的，以及有害生物在批次中可能的分布。抽样方法可进行组合：如分层抽样可随机或系统抽取层内的样本单位（或群）。

如果抽样是为了确定特定的零允许量水平是否被突破，序贯抽样可能适宜。

一旦抽样方法选定并正确实施后，为了得到不同的结果而重新抽样是不允许的。除非出于技术上的原因（例如，怀疑不正确地使用了抽样方法）必须如此，否则不应重复抽样。

## 5. 样本容量的确定

为确定要抽取的样本数，国家植保机构应确定一个置信水平（如 95%）、检测水平（如 5%）和允许量（如 0），并确定检测的效能（如 80%）。基于这些参数和批次大小，可以计算出样本容量。附录 2—5 给出了确定样本大小的数学推理。在考虑有害生物在批次中的分布时，本标准 3.1.3 节提供关于基于统计学的最适宜的抽样方法的指导。

### 5.1 有害生物在批次中的未知分布

由于抽样不重置且总体大小是一定的，应使用超几何分布来确定样本容量。当批次带有一定数量的受感染单位时，该分布给出在抽自特定大小批次中的特定容量的样本中检出一定数量受感染单位的概率（参见附录 2）。批次中受感染单位的数量可由检测水平乘以该批货物所含的总单位数量来估算。

随着货物批量的增加，为达到特定的检测水平及置信水平所需要的样本容量趋于上限。当样本容量小于货物批量的 5% 时，样本容量可通过二项分布或者泊松分布来计算（参见附录 3）。当货物批量很大时，在特定的置信水平及检测水平下，所有的三种分布（超几何、二项及泊松）给出几乎相同的样本容量，但二项和泊松分布更易于计算。

### 5.2 有害生物在批次中聚集分布

多数有害生物群落在田间存在一定程度的聚集现象。由于商品可能未经分级或筛选，在田间收获时即进行包装，受感染单位在批次中可能成簇或聚集分布。受感染单位在一件商品中聚集分布总会降低发现被感染的可能性。然而，植物检疫检验旨在发现量很小的受感染单位和/或有害生物。多数情况下，受感染单位的聚集对样本检测效能和所要求的样本容量的影响很小。当国家植保机构确定，在批次中受感染单位很可能聚集时，分层抽样的方法可有助于提高检出聚集感染的机率。

当有害生物聚集时，最好使用  $\beta$  二项分布来计算样本容量（参见附录 4）。然而，该计算需要了解聚集程度，这在一般情况下都不得而知，因此该分布一般来说可能不实用。其他的几种分布（超几何、二项或泊松）可以使用，但随着聚集程度的提高，抽样的置信水平会下降。

## 6. 不同的检测水平

由于批量不同，选用固定的检测水平可能导致不同数量的受感染单位随进口货物进入（如 1% 的感染水平对 1000 个单位来说相当于 10 个受感染单位，而对 10,000 个单位来说则相当于 100 个受感染单位）。检测水平的确定最好能部分反映，在特定的时间段内随所有货物进入的受感染单位的数量。如果国家植保机构还希望控制随每批货物入境的受感染单位的数量，则可

使用不同的检测水平。允许量水平以每批货物中受侵染单位的数量来表示，样本容量的确定应保证达到预期的置信水平及检测水平。

## 7. 抽样结果

有关抽样的活动和技术的结果可导致采取植物检疫行动（详见 2005 年 ISPM 第 23 号 2.5 节）。

本附录仅为参考目的，非本标准的一个确定部分

## 附件 1: 附录 2—5 使用的公式

### 附录 2—5 使用的公式

公式代码	目的	附录号
1	在一个样本中检出 $i$ 个受侵染单位的概率	2
2	未检出受侵染单位的概率的近似计算	2
3	在含有 $n$ 个单位的样本中检出 $i$ 个受侵染单位的概率（样本容量小于批量的 5%）	3
4	在含有 $n$ 个单位的样本中未检出 1 个受侵染单位的二项分布概率	3
5	至少检出一个受侵染单位的二项分布概率	3
6	二项分布公式 5 和 6 重新排列以求解 $n$	3
7	二项公式 6 的泊松分布公式	3
8	未检出受侵染单位的泊松分布概率（简化）	3
9	至少检出 1 个受侵染单位的泊松分布概率（置信水平）	3
10	泊松分布求解样本容量 $n$	3
11	基于 $\beta$ 二项分布的空间聚集分布抽样	4
12	$\beta$ 二项分布—检验数个批次后未检出 1 个受侵染单位的概率（针对单一批次）	4
13	$\beta$ 二项分布—检出 1 或多个受侵染单位的概率	4
14	$\beta$ 二项分布公式 12 和 13 重新排列以求解	4

本附录仅为参考目的, 非标准的一个确定部分

## 附件 2: 小批量货物样本容量的计算: 基于超几何分布的抽样 (简单随机抽样)

超几何分布适用于描述在小批量货物中发现一种有害生物的概率。当样本容量超过货物批量的 5% 时, 该批货物可视为小批量。在此情况下, 从批次中抽取一个单位, 会影响抽取下一单位时发现受侵染单位的概率。基于超几何分布的抽样以不复置抽样为基础。

还假定有害生物在批次中的分布没有聚集, 而且使用随机抽样。本方法可推广应用于其他方案, 例如分层抽样 (详见 Cochran, 1977)。

在一个样本中检出  $i$  个受侵染单位的概率可表示为

公式 1

$$P(X=i) = \frac{\binom{A}{i} \binom{N-A}{n-i}}{\binom{N}{n}}$$

其中:

$$\binom{a}{b} = \frac{a!}{b!(a-b)!}, \text{ 其中 } a! = a(a-1)(a-2)\dots 1 \text{ 且 } 0! = 1$$

$P(X=i)$  是在样本中发现  $i$  个受侵染单位的概率, 其中  $i = 0, \dots, n$ 。

相应的置信水平为:  $1 - P(X=i)$

$A$  = 在给定检测效能的情况下, 如果批次中每一单位均被检验、检测, 该批次中可被检出的受侵染单位的数量 (检测水平  $\times N \times$  效能, 向下取整)。

$i$  = 样本中受侵染单位的数量

$N$  = 批次所含的单位数量 (批量)

$n$  = 样本所含的单位数量 (样本容量)

特别是, 没有发现受侵染单位的概率可近似表示为:

$$P(X=0) = \left( \frac{N-A-u}{N-u} \right)^n \text{ 公式 2}$$

其中  $u = (n-1)/2$  (Cochran, 1977)。

通过该方程求解  $n$ , 计算起来比较困难, 但可通过近似法或极大似然法进行估算。

表 1 和 2 给出了可接受的数量为零时, 根据不同的批量、检测水平及置信水平计算出来的样本容量。

表 1: 不同批量不同检测水平下置信水平为 95% 及 99% 的最小样本容量 (超几何分布)

批次所含单位数量	P=95% (置信水平)					P=99% (置信水平)				
	%检测水平 $\times$ 检测效能					%检测水平 $\times$ 检测效能				
	5	2	1	0.5	0.1	5	2	1	0.5	0.1
25	24*	-	-	-	-	25*	-	-	-	-
50	39*	48	-	-	-	45*	50	-	-	-
100	45	78	95	-	-	59	90	99	-	-
200	51	105	155	190	-	73	136	180	198	-
300	54	117	189	285*	-	78	160	235	297*	-
400	55	124	211	311	-	81	174	273	360	-
500	56	129	225	388*	-	83	183	300	450*	-
600	56	132	235	379	-	84	190	321	470	-

700	57	134	243	442*	-	85	195	336	549*	-
800	57	136	249	421	-	85	199	349	546	-
900	57	137	254	474*	-	86	202	359	615*	-
1 000	57	138	258	450	950	86	204	368	601	990
2 000	58	143	277	517	1553	88	216	410	737	1800
3 000	58	145	284	542	1895	89	220	425	792	2353
4 000	58	146	288	556	2108	89	222	433	821	2735
5 000	59	147	290	564	2253	89	223	438	840	3009
6 000	59	147	291	569	2358	90	224	442	852	3214
7 000	59	147	292	573	2437	90	225	444	861	3373
8 000	59	147	293	576	2498	90	225	446	868	3500
9 000	59	148	294	579	2548	90	226	447	874	3604
10 000	59	148	294	581	2588	90	226	448	878	3689
20 000	59	148	296	589	2781	90	227	453	898	4112
30 000	59	148	297	592	2850	90	228	455	905	4268
40 000	59	149	297	594	2885	90	228	456	909	4348
50 000	59	149	298	595	2907	90	228	457	911	4398
60 000	59	149	298	595	2921	90	228	457	912	4431
70 000	59	149	298	596	2932	90	228	457	913	4455
80 000	59	149	298	596	2939	90	228	457	914	4473
90 000	59	149	298	596	2945	90	228	458	915	4488
100 000	59	149	298	596	2950	90	228	458	915	4499
200 000+	59	149	298	597	2972	90	228	458	917	4551

表 1 中带星号(\*)的数值已舍取至整数, 因为不可能出现导致非整数单位被侵染(如 300 单位 0.5%的侵染率相当于该批货物含 1.5 个受侵染单位)的情况。这意味着, 抽样密度稍微有所提高, 一批货物受侵染单位的数量向下取整时, 其抽样密度可能大于货物数量更大、计算出来的受侵染单位的数量也更大的一批货物(如比较货物批量为 700 和 800 时的结果)。它还意味着, 有可能检出比表中所载比率稍微低一些的受侵染单位的比率, 或者这一侵染比表中给出的置信水平更有可能检出。

表 1 中标有小横线(-)的数值系指不可能发生(受侵染单位小于 1)的情况。

表 2: 不同批量不同检测水平下置信水平为 80%及 90%的样本容量(超几何分布)

批次所含单位 数量	P=80% (置信水平)					P=90% (置信水平)				
	%检测水平×检测效能					%检测水平×检测效能				
	5	2	1	0.5	0.1	5	2	1	0.5	0.1
100	27	56	80	-	-	37	69	90	-	-
200	30	66	111	160	-	41	87	137	180	-
300	30	70	125	240*	-	42	95	161	270*	-
400	31	73	133	221	-	43	100	175	274	-
500	31	74	138	277*	-	43	102	184	342*	-
600	31	75	141	249	-	44	104	191	321	-
700	31	76	144	291*	-	44	106	196	375*	-
800	31	76	146	265	-	44	107	200	350	-
900	31	77	147	298*	-	44	108	203	394*	-
1 000	31	77	148	275	800	44	108	205	369	900
2 000	32	79	154	297	1106	45	111	217	411	1368
3 000	32	79	156	305	1246	45	112	221	426	1607
4 000	32	79	157	309	1325	45	113	223	434	1750
5 000	32	80	158	311	1376	45	113	224	439	1845
6 000	32	80	159	313	1412	45	113	225	443	1912
7 000	32	80	159	314	1438	45	114	226	445	1962
8 000	32	80	159	315	1458	45	114	226	447	2000
9 000	32	80	159	316	1474	45	114	227	448	2031
10 000	32	80	159	316	1486	45	114	227	449	2056

20 000	32	80	160	319	1546	45	114	228	455	2114
30 000	32	80	160	320	1567	45	114	229	456	2216
40 000	32	80	160	320	1577	45	114	229	457	2237
50 000	32	80	160	321	1584	45	114	229	458	2250
60 000	32	80	160	321	1588	45	114	229	458	2258
70 000	32	80	160	321	1591	45	114	229	458	2265
80 000	32	80	160	321	1593	45	114	229	459	2269
90 000	32	80	160	321	1595	45	114	229	459	2273
100 000	32	80	160	321	1596	45	114	229	459	2276
200 000	32	80	160	321	1603	45	114	229	459	2289

表 2 中带星号(\*)的数值已舍取至整数，因为不可能出现导致非整数单位被侵染（如 300 单位 0.5%的侵染率相当于该批货物含 1.5 个受侵染单位）的情况。这意味着，抽样密度稍微有所提高，一批货物受侵染单位的数量向下取整时，其抽样密度可能大于货物数量更大、计算出来的受侵染单位的数量也更大的一批货物（如比较货物批量为 700 和 800 时的结果）。它还意味着，有可能检出比表中所载比率稍微低一些的受侵染单位的比率，或者这一侵染比表中给出的置信水平更有可能检出。

表 2 中标有小横线(-)的数值系指不可能发生（受侵染单位小于 1）的情况。



本附录仅为参考目的，非本标准的一个确定部分

### 附件 3：大批量货物的抽样：基于二项或泊松分布的抽样

对于大批量且充分混合的货物，发现一个受侵染单位的可能性可通过简单的二项分布进行近似计算。样本容量小于货物批量的5%。在含  $n$  单位的样本中检出  $i$  个受侵染单位的概率可表示为：

$$P(X=i) = \binom{n}{i} \phi p^i (1-\phi p)^{n-i} \quad \text{公式 3}$$

$p$  是批次中受侵染单位的平均比率（侵染水平）， $\phi$  表示检验效能的百分数除以 100。

$P(X = i)$  是在样本中检出  $i$  个受侵染单位的概率。相应的置信水平为： $1 - P(X = i)$ ， $i = 0, 1, 2, \dots, n$ 。

出于植物检疫的目的，确定了在样本中未能检出有害生物样本或症状的概率。在容量为  $n$  的样本中未能检出的一个受侵染单位的概率为：

$$P(X=0) = (1-\phi p)^n \quad \text{公式 4}$$

至少检出一个受侵染单位的概率则为：

$$P(X>0) = 1 - (1-\phi p)^n \quad \text{公式 5}$$

该公式可重新排列以求解  $n$ ：

$$n = \frac{\ln[1 - P(X > 0)]}{\ln(1 - \phi p)} \quad \text{公式 6}$$

当国家植保组织确定了侵染水平 ( $p$ )，效能 ( $\phi$ ) 及置信水平 ( $1 - P(X > 0)$ ) 后，即可使用此公式计算出样本容量  $n$ 。

二项分布可近似为泊松分布。当  $n$  变大而  $p$  变小时，上述二项分布公式趋近于下列泊松分布公式

$$P(X=i) = \quad \text{公式 7}$$

$$\text{其中 } e \text{ 是自然对数的底} \quad \frac{(n\phi p)^i e^{-n\phi p}}{i!}$$

没有检出受侵染单位的概率简化为：

$$P(X=0) = e^{-n\phi p} \quad \text{公式 8}$$

至少检出一个受侵染单位（置信水平）的概率计算为：

$$P(X>0) = 1 - e^{-n\phi p} \quad \text{公式 9}$$

求解  $n$  得出以下结果，该结果可用于确定样本容量

$$n = -\ln[1 - P(X > 0)] / \phi p \quad \text{公式 10}$$

表 3 和 4 分别给出了基于二项分布和泊松分布，允许量为零时，根据不同的检测水平、效能及置信水平计算出来的样本容量。将检测效能为 100% 时的情况和表 1（见附录 1）中的样本容量进行比较，说明当  $n$  很大而  $p$  很小时，二项分布和泊松分布得出的结果和超几何分布极为相似。

表 3: 大批量货物且充分混合时不同检测效能和检测水平下置信水平为 95%及 99%的样本容量 (二项分布)

%检测效能	P=95% (置信水平)					P=99% (置信水平)				
	%检测水平					% (检测水平)				
	5	2	1	0.5	0.1	5	2	1	0.5	0.1
100	59	149	299	598	2995	90	228	459	919	4603
99	60	150	302	604	3025	91	231	463	929	4650
95	62	157	314	630	3152	95	241	483	968	4846
90	66	165	332	665	3328	101	254	510	1022	5115
85	69	175	351	704	3523	107	269	540	1082	5416
80	74	186	373	748	3744	113	286	574	1149	5755
75	79	199	398	798	3993	121	305	612	1226	6138
50	119	299	598	1197	5990	182	459	919	1840	9209
25	239	598	1197	2396	11982	367	919	1840	3682	18419
10	598	1497	2995	5990	29956	919	2301	4603	9209	46050

表 4: 大批量货物且充分混合时不同检测效能和检测水平下置信水平为 95%及 99%的样本容量 (泊松分布)

%检测效能	P=95% (置信水平)					P=99% (置信水平)				
	%检测水平					%检测水平				
	5	2	1	0.5	0.1	5	2	1	0.5	0.1
100	60	150	300	600	2996	93	231	461	922	4606
99	61	152	303	606	3026	94	233	466	931	4652
95	64	158	316	631	3154	97	243	485	970	4848
90	67	167	333	666	3329	103	256	512	1024	5117
85	71	177	353	705	3525	109	271	542	1084	5418
80	75	188	375	749	3745	116	288	576	1152	5757
75	80	200	400	799	3995	123	308	615	1229	6141
50	120	300	600	1199	5992	185	461	922	1843	9211
25	240	600	1199	2397	11983	369	922	1843	3685	18421
10	600	1498	2996	5992	29958	922	2303	4606	9211	46052

本附录仅为参考目的, 非本标准的一个确定部分

#### 附件 4: 聚集分布的有害生物的抽样: 基于 $\beta$ 二项分布的抽样

在空间聚集分布的情况下, 可对抽样进行调整以弥补聚集造成的影响。为了进行这样的调整, 需假设商品是成群 (如箱) 地进行抽样且抽出的一群货物中每一单位都接受检验 (整群抽样) 在这类情况下, 受侵染单位的比率,  $f$ , 在不同的货物群间不再相同, 而是服从  $\beta$  密度函数。

$$P(X=i) = \binom{n}{i} \frac{\prod_{j=0}^{i-1} (f + j\theta) \prod_{j=0}^{n-i-1} (1 - f + j\theta)}{\prod_{j=0}^{n-1} (1 + j\theta)} \quad \text{公式 11}$$

$f$  是批次中受侵染单位的平均比率 (侵染水平)。

$P(X = i)$  是在一个批次中检出  $i$  个受侵染单位的概率。

$n$  = 一个批次中所含的单位的数量

$\prod$  是累乘函数

$\theta$  用于衡量第  $j$  批次中的聚集程度,  $0 < \theta < 1$ 。

植物检疫抽样常常更为关心检验了几个样本群后没有检出一个受侵染单位的概率。对每一样本群而言,  $X > 0$  的概率为:

$$P(X > 0) = 1 - \prod_{j=0}^{n-1} (1 - f + j\theta) / (1 + j\theta) \quad \text{公式 12}$$

而几个批次都未能检出受侵染单位的概率, 等于  $P(X=0)^m$ , 其中  $m$  是批次数。当  $f$  较小时, 公式 12 可估算为:

$$\Pr(X=0) \approx (1 + n\theta)^{-mf/\theta}$$

发现一或多个受侵染单位的概率为  $1 - \Pr(X=0)$  公式 13

该公式可重新排列以求解  $m$

$$m = \frac{-\theta}{f} \left[ \frac{\ln(1 - P(x > 0))}{\ln(1 + n\theta)} \right] \quad \text{公式 14}$$

分层抽样提供了减少聚集影响的一个办法。层的确定应使层内的聚集程度最小。

当聚集程度和置信水平确定以后, 样本容量即可确定。不知道聚集程度则无法确定样本容量。

效能值 ( $\phi$ ) 小于 100% 时可使用  $\phi f$  替代公式中的  $f$ 。

本附录仅为参考目的，非标准的一个确定部分

## 附件 5：超几何和固定比例抽样结果的比较

表 5：检测水平为 10% 时不同抽样方案所产生的结果的置信水平

批量	超几何抽样（随机抽样）		固定比例抽样（2%）	
	样本容量	置信水平	样本容量	置信水平
10	10	1	1	0.100
50	22	0.954	1	0.100
100	25	0.952	2	0.191
200	27	0.953	4	0.346
300	28	0.955	6	0.472
400	28	0.953	8	0.573
500	28	0.952	10	0.655
1 000	28	0.950	20	0.881
1 500	29	0.954	30	0.959
3 000	29	0.954	60	0.998

表 6：不同抽样方案在置信水平为 95% 时可检出的最低侵染率

批量	超几何抽样（随机抽样）		固定比例抽样（2%）	
	样本容量	可检出的最低侵染率	样本容量	可检出的最低侵染率
10	10	0.10	1	1.00
50	22	0.10	1	0.96
100	25	0.10	2	0.78
200	27	0.10	4	0.53
300	28	0.10	6	0.39
400	28	0.10	8	0.31
500	28	0.10	10	0.26
1 000	28	0.10	20	0.14
1 500	29	0.10	30	0.09
3 000	29	0.10	60	0.05