

# 农作物种子质量监督检验中 两类风险的处理<sup>①</sup>

范永亮<sup>②</sup>  
(基础科学部)

**摘要** 讨论了农作物种子真实性及品种纯度质量监督检验中处理生产方风险和使用方风险的一般原则与统计方法,计算了与接收概率10%相应的极限质量水平。

**关键词** 市场监督; 抽样检查; 标准规定水平; 生产方风险; 极限质量水平; 使用方风险

**中图分类号** O212.2

## Risk Treatment in Quality Supervise Inspection of Agricultural Seed

Fan Yongliang  
(Department of Basic Sciences)

**Abstract** General principles and statistical methods are discussed for treating producer's risk and user's risk in the quality supervise inspection of agricultural seed. The limit quality level is calculated with special acceptance probability of 10%.

**Key words** market supervise; sampling inspection; acceptance quality level; producer's risk; limit quality level; user's risk

用于农作物种子品质市场监督的现行国标发布于1983年,它将于1996年6月被代号为GB/T 3543—95的国标《农作物种子检验规程》<sup>[1]</sup>取代。

GB/T 3543—95共有7个部分,代号依次为GB/T 3543.1—95,GB/T 3543.2—95,……,GB/T 3543.7—95,其中GB/T 3543.1—95为总则,其余各部分依次适用于种子的抽样、净度分析、发芽试验、真实性与品种纯度鉴定、水分测定以及其他项目检验。因为市场监督是通过抽样检查的方式来进行的,故上述各部分都不同程度地涉及到概率论与数理统计学科的知识,其中,适用于真实性和品种纯度鉴定的GB/T 3543.5—95涉及的内容最多。

按GB/T 3543.5—95规定,对农作物种子真实性与品种纯度的监督抽样可按下列步骤操作:

收稿日期:1996-05-08

①国家自然科学基金资助项目

②范永亮,北京清华东路17号中国农业大学(东校区)71信箱,100083

1) 确定待检验种子应达到的标准规定水平, 这种标准规定值可以是合格品率(记为  $Q_0$ ), 也可以是不合格品率(记为  $P_0$ );

2) 确定样本容量  $n$ , 从待检验的种子批中随机抽取  $n$  粒进行检验, 计算出样本不合格品率  $\bar{X}$ ;

3) 以  $P_0$  与  $n$  为检索指标, 从 GB/T 3543.5—95 的表 2 中检索出容许差距  $T$ ;

4) 将  $\bar{X}-P_0$  与  $T$  进行比较, 若  $\bar{X}-P_0 > T$ , 判定所检验的种子批不合格。

本文中结合 GB/T 3543.5—95, 讨论在农作物种子质量监督抽样中处理生产方风险和使用方风险的一般原则和统计方法。这种讨论对《农作物种子检验规程》中的其他部分也具有参考价值。

## 1 标准规定水平与生产方风险

抽样检查是农作物种子质量市场监督的技术手段, 其作用是依据样本不合格品率推断批不合格品率是否超过预先指定的标准规定水平  $P_0$ ; 因此,  $P_0$  的确定是整个监督抽样的关键步骤。GB/T 3543.5—95 提供了 0, 1%, ..., 49% 共计 50 个档次的可供选择的  $P_0$  值。

$P_0$  的意义是: 为了抽样检验而确定的认为可以接受的不合格品率的上限值。 $P_0$  的数值首先应由农业部门权衡专业特点和行业现状后提出, 然后由监督部门制定相应的抽样方案, 使得不合格品率小于  $P_0$  的种子批被接收的概率较大(一般不低于 90%), 以体现对生产方的保护。统计上称抽样方案将不合格品率恰为  $P_0$  的批推断为不合格批的概率为生产方风险, 又称为第一类误判概率, 以  $\alpha$  表示。若记生产方所提交的种子批的不合格品率为  $p$  ( $p$  值是未知的, 否则无须抽样便可决定批是否合格), 则应有

$$P(\bar{X}-P_0 > T | p=P_0) = \alpha \quad (1)$$

在 GB/T 3543.5—95 中,  $\alpha$  值为 5%。

满足式(1)的抽样方案意味着将  $p \leq P_0$  的种子批(合格批)判为不合格批的概率不超过  $\alpha$ , 这正是市场监督抽样的科学依据之所在: 监督抽样方案对批质量的否定是强有力的, 因为它绝少(概率不超过 5%)将合格批判为不合格批。反之则不然, 即监督抽样方案可能以很大的概率将不合格批判为合格批, 换言之, 未被判为不合格的批未必是合格批。

## 2 概率统计模型与监督抽样方案

GB/T 3543.2—95 对种子批及样本作了如下规定: 构成批的种子必须满足“同一来源、同一品种、同一年度、同一时期收获且质量基本一致”的条件, 而样本必须是在批中“随机”抽取的; 批量及样本容量必须满足一定的数量界限。确切地说, GB/T 3543.2—95 表 1 规定了 124 种农作物种子的批量及样本容量的界限, 尽管这种界限随种子品种的不同而不同, 但所有批量界限均不低于 5 000 kg, 而所有样本容量的界限均不高于 1 000 g。这表明在相同的计量单位(这里需要指出, 在实际工作中农作物种子的检验是以粒为单位的)下, 批量与样本容量界限数的比值是可以大于 100 的; 因此, 有下列概率统计模型。

设样本容量为  $n$ , 对样本中的第  $i$  粒种子, 令  $X_i = 1$ , 若第  $i$  粒不合格;  $X_i = 0$ , 若第  $i$  粒合

格,  $i=1, 2, \dots, n$ ; 则随机变量  $X_1, X_2, \dots, X_n$  为 iid 序列, 均服从两点分布, 即

$$P(X_i=1)=p, P(X_i=0)=q=1-p \quad 0 < p < 1 \quad (2)$$

其中  $p$  为批不合格品率; 而样本中的不合格种子粒数  $Y$  服从二项分布, 即

$$P(Y=k) = C_n^k p^k q^{n-k} \quad k=0, 1, \dots, n \quad (3)$$

通常情况下的计数抽样方案是以整数数组  $(n, c)$  表示的, 其中  $n$  为样本容量,  $c$  为接收数. 当  $Y \leq c$  时接收, 当  $Y \geq c+1$  时拒收; 而  $n$  与  $c$  是通过依赖于  $n$  和  $c$  的所谓操作特性(OC)函数(又称接收概率函数)  $L(p)$  确定的.  $L(p)$  的定义为: 不合格品率为  $p$  的批在抽样方案  $(n, c)$  下被接收的概率, 即

$$L(p) = P(Y \leq c) \quad 0 < p < 1$$

在市场监管抽样情形下, 抽样方案  $(n, c)$  往往是在只考虑第一类误判概率而不考虑第二类误判概率的条件下确定的(本文第3部分将对此作具体的讨论), 即, 对于给定的标准规定水平  $P_0$  及生产方风险  $\alpha$ ,  $n$  和  $c$  应满足方程

$$L(P_0) = 1 - \alpha \quad (4)$$

为求  $(n, c)$ , 先作一些必要的推导. 给定  $P_0$ , 将式(2)和(3)代入(4), 得

$$\sum_{k=0}^c C_n^k P_0^k (1-P_0)^{n-k} = 1 - \alpha \quad (5)$$

式(5)左端是  $c$  的增函数, 其最大值(在  $c=n$  时取得)为 1, 最小值(在  $c=0$  时取得)为  $(1-P_0)^n$ . 可以看出, 这个最小值随着  $n$  的增大而减小, 且当  $n \rightarrow \infty$  时以 0 为极限, 故满足  $(1-P_0)^n < 1 - \alpha$  的  $n$  必有无穷多个. 对每个这样的  $n$ , 由式(5)可求出唯一的  $c$ .

上述讨论表明: 第一,  $n$  在一定程度上依赖于  $P_0$  和  $\alpha$ , 确切地说,  $P_0$  和  $\alpha$  共同限制了  $n$  的下限; 第二, 为求得  $n$  和  $c$ , 必须先给定  $n$  和  $c$  中的一个, 因为式(4)是一个含有 2 个未知数的方程. 通常的作法是给定  $n$  求  $c$ , 而  $n$  的数值由一个优先序列给出.

在 GB/T 3543.5-95 中, 所有  $P_0$  值均不小于 0.01. 依

$$(1-P_0)^n \leq 0.99^{0.01} = 0.95$$

知, 当  $\alpha=5\%$  时,  $n$  值的下限为 6. 又, GB/T 3543.5-95 中  $n$  值的优先序列为

$$50, 75, 100, 150, 200, 400, 600, 1000 \quad (6)$$

直接求解方程(5)是困难的, 因为当  $n$  值较大时其左端的组合数难以计算, 故必须寻求简化方程(5)求解过程的途径.

依式(2)知,  $X_i$  的期望及方差分别为  $EX_i=p, DX_i=p(1-p), i=1, 2, \dots, n$ , 从而样本均值统计量  $\bar{X}=Y/n=(X_1+X_2+\dots+X_n)/n$  的期望与方差分别为  $E\bar{X}=p$  和  $DX=p(1-p)/n$ . 依中心极限定理, 统计量  $U=(\bar{X}-EX)/(DX)^{0.5}$  渐近服从标准正态分布, 故当  $n$  较大时可近似地认为  $U$  的分布为  $N(0, 1)$ . 通常情况下, 当  $n \geq 50$  时,  $U$  的严格分布函数与  $N(0, 1)$  之间的差异是可以忽略的. 鉴于序列(6)中  $n$  值的下限为 50, 可以认为  $U$  的分布函数为  $N(0, 1)$ .

以  $U_{1-\alpha}$  表示  $N(0, 1)$  的  $1-\alpha$  分位点, 并记

$$T = [P_0(1-P_0)/n]^{1/2} U_{1-\alpha}$$

则当  $p=P_0$  时, 有

$$1-\alpha = P(U \leq U_{1-\alpha}) = P(\bar{X} - P_0 \leq T) \quad (7)$$

其中  $T$  为样本不合格品率  $\bar{X}$  相对于标准规定水平  $P_0$  的容许差距。

在实际监督抽样中,只须比较  $\bar{X}-P$  与  $T$  值的大小,便可作出相应的推断:若  $\bar{X}-P_0>T$ ,判被检验的种子批不合格,这种判断的生产方风险恰为  $\alpha$ 。

由于式(7)右端括号中的不等式等价于  $\bar{X}\leq P_0+T$ ,故在实际监督抽样中也可以直接将样本不合格品率  $\bar{X}$  与  $P_0+T$  比较:当  $\bar{X}>P_0+T$  时判所检验的种子批不合格。本文中称  $P_0+T$  为样本不合格品率淘汰值。

GB/T 3543.5—95的表1列出了  $\alpha=5\%$ (此时  $U_{1-\alpha}=1.644853$ ),  $P_0$  取  $0.1\%, \dots, 49\%$ ,  $n$  在优先序列中取值的全部  $50\times 8$  个监督抽样方案的  $T$  值。

可以验证:当  $\alpha=5\%$ ,  $P_0=4\%$  ( $Q_0=96\%$ ),  $n=400$  时,有  $T=1.6\%$ ,此时样本不合格品率淘汰值为  $4\%+1.6\%=5.6\%$ ,它意味着样本合格品率不低于  $94.4\%$  时,不能将所检验的种子批判为不合格批,否则将会增大生产方风险。换言之,在  $95\%$  的可靠程度下,将样本合格品率的下限定为  $94.4\%$  是将标准规定水平的下限定为  $96\%$  所必需的,那种认为将样本合格品率下限定为  $94.4\%$  可能会降低  $96\%$  的标准规定水平的顾虑是完全不必要的。

### 3 极限质量水平与使用方风险

作为对产品质量进行监督的一种方式,市场监督的目的是发现不合格批(并予以惩罚),以体现市场监督对使用方的保护。这种保护力度的大小取决于抽样方案未将不合格品率高达  $P_1$  ( $P_1>P_0$ ) 的批推断为不合格批的概率(记为  $\beta$ )的大小,其中  $P_1$  和  $\beta$  分别称为极限质量水平和使用方风险,但从上述讨论中可以看出,监督抽样方案( $n, c$ )的确定并未利用到极限质量水平和使用方风险。本节中就将此问题进行探讨。

在通常的产品交接验收抽样方案中,  $P_1$  主要是考虑到使用方的利益而定的,然后解由

$$P(\bar{X}-P_0\leq T | p=P_1)=\beta \quad (8)$$

和式(4)构成的方程组,便可得到样本容量  $n$  及容许差距  $T$  的具体数值。这样确定的抽样方案无疑同时保护了生产方及使用方的利益,但同时也意味着方案的操作者不能根据实际情况对样本容量进行适当的选择,因为由式(4)和(8)构成的方程组的解( $n, T$ )是唯一的。

在市场监督的情形下,通常要求抽样及时、迅速,这就意味着样本容量应当是较小的,而由式(4)和(8)确定的样本容量往往太大,故在市场监督的情形下,为了得到较小的样本容量,不得不在生产方及使用方两类风险之间进行权衡与取舍。舍式(4)、取式(8)可以保护使用方的利益,将不合格批错判为合格批的概率不超过指定的小正数  $\beta$ , 但将合格批错判为不合格批的概率可能较大,这无疑降低了市场监督的科学性。相比之下,舍式(8)、取式(4)不仅保证了市场监督的必要的科学性,而且在一定程度上保护了使用方的利益;显然,在有监督与没有监督之间,使用方当然乐于选择前者。确切地说,在舍式(8)、取式(4)的条件下,由于  $n$  和  $T$  是由一个方程确定的,这个方程有无穷多组解,即满足式(4)的抽样方案( $n, T$ )有无穷多个,这些抽样方案之间不仅  $n$  值不同,而且将不合格批错判为合格批的概率也不尽相同,这意味着监督部门可以在样本容量较小的若干个抽样方案中选择使用方风险较小者。事实上,GB/T 3543.5—95 对每个  $P_0$  都给出了满足  $\alpha=5\%$  的 8 个可供选择的抽样方案。

上述保护使用方利益的方式与交接验收情形的区别仅在于,后者的  $P_0$  值是由使用方直接

提出的,而监督抽样方案的  $P_1$  值是在  $P_0, n, T$  和  $\beta$  的值给定后依式(8)求得的。这个  $P_1$  值的意义在于:尽管未被监督抽样方案判为不合格的批可能是不合格批,但这种批的不合格品率超过  $P_1$  的概率不超过  $\beta$ 。换言之,若生产方所提交的批的不合格品率高于  $P_1$ ,则被判为不合格批的概率将高于  $1-\beta$ 。这体现了监督抽样方案对使用方利益的保护。

下面结合 GB/T 3543.5—95,讨论求解  $P_1$  值的方法。对于给定的监督抽样方案,  $P_0, n$  和  $T$  是已知的,因此当  $\beta$  值指定后,  $P_1$  应满足  $L(P_1) = \beta$ ,即

$$P(\bar{X} \leq T + P_0 | p = P_1) = \beta \tag{9}$$

因  $p = P_1$  时  $U = (\bar{X} - P_1) / \sqrt{P_1(1-P_1)/n} \sim N(0, 1)$ ,且式(10)等价于

$$P[U \leq (T + P_0 - P_1) / \sqrt{P_1(1-P_1)/n}] = \beta \tag{10}$$

将  $T = \sqrt{P_0(1-P_0)/n} U_{1-\alpha}$  代入式(10),依标准正态分布分位点的定义知

$$(\sqrt{P_0(1-P_0)/n} U_{1-\alpha} + P_0 - P_1) / \sqrt{P_1(1-P_1)/n} = U_\beta$$

整理得

$$P_0 + \sqrt{P_0(1-P_0)/n} U_{1-\alpha} = P_1 + \sqrt{P_1(1-P_1)/n} U_\beta \tag{11}$$

注意到  $P_0, n, T, \alpha$  和  $\beta$  均为已知,故式(11)实际上是一个以  $P_1$  为变量的一元二次方程。记  $A = P_0 + T, B = U_\beta^2/n$ ,化简式(11)得

$$A^2 = (2A + B)P_1 + (1 + B)P_1^2 = 0$$

这个方程的判别式为  $B[B + 4A(1 - A)]$ 。显然,  $B > 0$ 。又,  $A$  为样本不合格品率淘汰值,故  $0 < A < 1$ ,从而  $B[B + 4A(1 - A)] > 0$ 。由此得到  $P_1$  的计算公式:

$$P_1 = [2A + B + \sqrt{B^2 + 4AB(1 - A)}] / (2 + 2B)$$

表 1 列出了由 GB/T 3543.5—95 发布的全部  $50 \times 8$  个抽样方案的  $P_1$  值。实际应用中,可参照表 1 的  $P_1$  值选择样本容量。例如,设某种作物种子的标准规定值为  $P_0 = 4\%$ ,如果  $P_1 = 10\%$ ,则宜取  $n = 150$ ;如果  $P_1 = 7\%$ ,可取  $n = 400$ ;如果  $P_1 = 6\%$ ,则宜取  $n = 1\ 000$ ;又若  $P_1 = 5\%$ ,则样本容量取  $1\ 000$  是不够的。可以看出,  $P_0$  与  $P_1$  的距离越近,所需的样本容量越大,见图 1。

表 1 品种纯度监督检验的极限质量水平( $\beta = 10\%$ )

$P_0/\%$	$n$								$P_0/\%$	$n$							
	50	75	100	150	200	400	600	1 000		50	75	100	150	200	400	600	1 000
1	8.3	6.6	5.6	4.5	3.9	2.9	2.5	2.1	11	26.3	23.2	21.4	19.4	18.1	15.9	15.0	14.0
2	10.9	8.9	7.7	6.5	5.7	4.5	4.0	3.5	12	27.7	24.6	22.7	20.6	19.4	17.1	16.1	15.1
3	13.1	10.9	9.6	8.2	7.4	5.9	5.3	4.8	13	29.1	25.9	24.0	21.9	20.6	18.3	17.2	16.3
4	15.1	12.7	11.3	9.7	8.9	7.3	6.6	6.0	14	30.4	27.2	21.3	23.1	21.8	19.4	18.4	17.3
5	16.9	14.3	12.9	11.2	10.3	8.6	7.9	7.2	15	31.8	28.5	26.6	24.3	23.0	20.5	19.5	18.4
6	18.6	15.9	14.4	12.7	11.7	9.9	9.1	8.4	16	33.1	29.8	27.8	25.5	24.2	21.7	20.6	19.5
7	20.2	17.5	15.9	14.1	13.0	11.1	10.3	9.5	17	34.4	31.0	29.0	26.7	25.3	22.8	21.7	20.6
8	21.8	19.0	17.3	15.4	14.3	12.3	11.5	10.7	18	35.6	32.2	30.2	27.5	26.5	23.7	22.8	21.7
9	23.3	20.4	18.7	16.8	15.6	13.6	12.7	11.8	19	36.9	33.5	31.4	29.0	27.6	25.0	23.9	22.7
10	24.8	21.8	20.1	18.1	16.9	14.7	13.8	12.9	20	38.1	34.7	32.6	30.2	28.8	26.1	25.0	23.8

续表 1

$P_0 / \%$	$n$								$P_0 / \%$	$n$							
	50	75	100	150	200	400	600	1000		50	75	100	150	200	400	600	1000
21	39.4	35.9	33.8	31.3	29.9	27.2	26.0	24.9	36	56.2	52.5	50.3	47.7	46.1	43.1	41.8	40.5
22	40.6	37.0	34.9	32.5	31.0	28.3	27.1	25.9	37	57.2	53.6	51.4	48.7	47.2	44.2	42.8	41.5
23	41.8	38.2	36.1	33.6	32.1	29.4	28.2	27.0	38	58.3	54.6	52.4	49.8	48.2	45.2	43.9	42.5
24	42.9	39.4	37.2	34.7	33.3	30.5	29.3	28.0	39	59.3	55.6	53.4	50.8	49.2	46.2	44.9	43.6
25	44.1	40.5	38.4	35.9	34.4	31.6	30.3	29.1	40	60.3	56.7	54.5	51.8	50.2	47.2	45.9	44.6
26	45.3	41.7	39.5	37.0	36.5	32.6	31.4	30.1	41	61.3	57.7	55.5	52.9	51.3	48.3	46.9	45.6
27	46.4	42.8	40.6	38.1	36.5	33.7	32.4	31.2	42	62.3	58.7	56.5	53.9	52.3	49.3	47.9	46.6
28	47.5	43.9	41.7	39.2	37.6	34.8	33.5	32.2	43	63.3	59.7	57.5	54.9	53.3	50.3	49.0	47.6
29	48.7	45.0	42.8	40.2	38.7	35.8	34.5	33.3	44	64.3	60.7	58.5	55.9	54.3	51.3	50.0	48.6
30	49.8	46.1	43.9	41.3	39.8	36.9	35.6	34.3	45	65.2	61.7	59.5	56.9	55.3	52.3	51.0	49.6
31	50.9	47.2	45.0	42.4	40.9	37.9	36.6	35.4	46	66.2	62.7	60.5	57.9	56.3	53.3	52.0	50.6
32	51.9	48.3	46.1	43.5	41.9	39.0	37.7	36.4	47	67.2	63.6	61.5	58.9	57.3	54.3	53.0	51.6
33	53.0	49.4	47.2	44.5	43.0	40.0	38.7	37.4	48	68.1	64.6	62.5	59.9	58.2	55.3	54.0	52.6
34	54.1	50.4	48.2	45.6	44.0	41.1	39.8	38.1	49	69.0	65.6	63.4	60.8	59.3	56.3	55.0	53.6
35	55.1	51.5	49.3	46.6	45.1	42.1	40.8	39.5	50	70.0	66.5	64.4	61.8	60.3	57.3	56.0	54.6

#### 4 结束语

农作物种子质量市场监督是一项综合性的工作,它直接关系到种子生产方和使用方的切身利益以及监督部门的权威性,因此,制定监督抽样方案时必须明确以下关系:1)保护种子使用方利益是监督的最终目的;2)较低的生产方风险是监督的科学依据;3)

以较小的样本容量进行抽样检验则是监督的必要手段。抽样方案是在对这3个方面进行适当权衡和折中的基础上制定的。这种权衡和折中的结果是,直接关系到使用方切身利益的极限质量水平  $P_1$  未能在制定抽样方案时加以利用,而只能在选择抽样方案时予以考虑。

一个具体的监督抽样方案主要指2个操作参数( $n, T$ ),这种方案的特性是通过特性参数  $P_0, P_1, \alpha$  和  $\beta$  来表示的。确切地说,一个以  $P_0, P_1, \alpha$  和  $\beta$  为特性参数的监督抽样方案( $n, T$ )将不合格品率不超过  $P_0$  的种子批错判为不合格批的概率不超过  $\alpha$ ,而将不合格品率超过  $P_1$  的种子批错判为合格批的概率不超过  $\beta$ 。

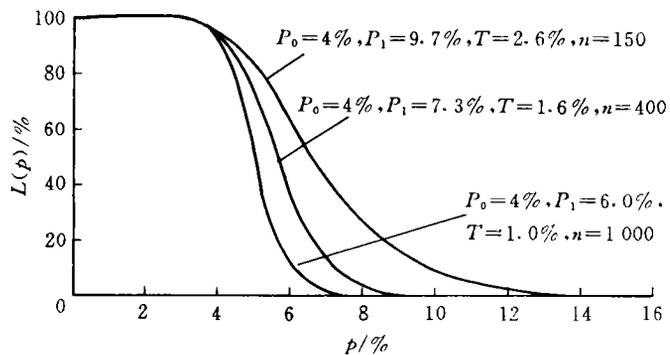


图 1  $P_0 = 4\%$  的 3 个抽样方案的 OC 曲线

#### 参 考 文 献

- 1 GB/T 3543—95 农作物种子检验规程. 北京:中国标准出版社,1995