

## Testing Shelled Corn for Aflatoxin, part 3: Evaluating the Performance of Aflatoxin Sampling Plans (トウモロコシ穀粒中アフラトキシンの検査、第 3 部:アフラト キシン検体抜き取り検査法の性能評価)

(仮訳)

Journal of AOAC International, Vol. 83, No. 5, 1270 - 1278  
(2000)

**Anders S. Johansson and Thomas B. Whitaker** U.S.  
Department of Agriculture; Agricultural Research Service

**Francis G. Giesbrecht** North Carolina State University,  
Department of Statistics

**Winston M. Hagler Jr.** North Carolina State University,  
Department of Poultry Science, Mycotoxin Laboratory

**James H. Young** North Carolina State University, Department  
of Biological and Agricultural Engineering

<脚注> 参考資料 2 と同

検体量および検体許容値の変更がトウモロコシ穀粒のアフラトキシン検体抜き取り検査法の性能に及ぼす影響を検討した。抜き取り検体量または許容値が異なる 6 種類の検体抜き取り検査法を評価した。任意の検体量で検体の許容値が減少すると、全てのアフラトキシン濃度で合格ロットの割合が減少して不合格ロットの割合が増加し、合格ロットおよび不合格ロット中の平均アフラトキシン濃度が減少した。任意の検体量で検体許容値を規制ガイドラインより低く設定すると、偽陽性数が増加して偽陰性数が減少した。任意の検体量で検体許容値を規制ガイドラインより高く設定すると、偽陽性数が減少して偽陰性数が増加した。任意の検体許容値で検体量が増加すると、規制ガイドライン以下の濃度で合格とされるロットの割合は増加する一方で規制ガイドライン以上の濃度で不合格とされるロットの割合も増加し、合格ロット中の平均アフラトキシン濃度が減少して不合格ロット中の平均アフラトキシン濃度が増加した。任意の規制ガイドラインに等しい検体許容値で検体量が増加すると、ロットの誤った分類、偽陽性および偽陰性の双方が減少した。

## 緒 言

食品や飼料におけるアフラトキシンの最大許容濃度の規制ガイドラインは、90カ国以上で設定されている<sup>[1]</sup>。米国では食品医薬品局（FDA）が、最終的に人間が消費する食物に 20 ppb のガイドラインを設けている<sup>[2]</sup>。米国ではアフラトキシシン検査の委託サービスが全国的に利用可能であるが、国内向けトウモロコシ穀粒の検査は必須ではない。現在、米国農務省穀物検査局（GIPSA）の連邦穀物検査サービス（FGIS）は、輸出用トウモロコシ穀粒の全ロットのアフラトキシシン検査を行っている<sup>[3]</sup>。農産物業界は、バルクロットをアフラトキシシン汚染濃度によって区分し、食品または飼料として使用されるアフラトキシシン汚染穀物の量を減らすように意図したアフラトキシシン検体抜き取り検査法を採用している。検体抜き取り検査法の性能を評価することができれば、限られた予算内において最も効率的な方法を設計することができる。

効率的な検体抜き取り検査法によって、少ない費用で誤った分類を減らすことができる。アフラトキシシン検体抜き取り検査法は、検査手順と検体許容値によって独自に定義される。検査手順は検体抜き取り、検体調製（使用する粉砕器の型式および二次検体量を含む）および分析の段階からなる。アフラトキシシン検査手順の各段階で生ずるバラツキのために、ロットが誤って分類されることがある。ある検体抜き取り検査法によって正しくあるいは誤って合格および不合格とされるロットの割合は、検査特性（OC）曲線によって決定できる。OC 曲線の形状は、アフラトキシシン検査手順および検体許容値によって独自に決定される。検体許容値はトウモロコシ穀粒ロットの区分を決定する閾値であり、規制ガイドラインと一致する場合も一致しない場合もある。

Johansson ら<sup>[4]</sup>は、トウモロコシ穀粒のアフラトキシシン検査手順の検体抜き取り、検体調製および分析の段階に関連するバラツキを測定し、複合ガンマ分布<sup>[5]</sup>がトウモロコシ穀粒の検体の検査結果の分布を適切に記述することを見出した。Johansson ら<sup>[5]</sup>は、アフラトキシシン検査手順に関連するバラツキおよび複合ガンマ分布を用いてトウモロコシ穀粒のアフラトキシシン検体抜き取り検査法を評価するための OC 曲線をコンピュータ処理で得る方法を開発した。本試験の目的は、トウモロコシ穀粒中アフラトキシシン検査の様々な検体量および検体許容値の、検体抜き取り検査法に対する影響を評価することであった。

## 試 験

### リスク

理想的には、アフラトキシシン濃度  $C$  がガイドラインで定められた  $C_g$  よりも大きいロットは不合格とされるべきで、食品または飼料として使用できず、 $C$  が  $C_g$  以下のロットは合格とされるべきである。実際は、ロット中のアフラトキシシン濃度  $C$  は、ロットから取りだした検体中のアフラトキシシンの定量化によって推定す

る。ロット中の検体の推定値を  $\hat{C}$  とする。特定ロットの  $\hat{C}$  の値は、アフラトキシ  
ン検査法の検体抜き取り、検体調製および分析手順に関連する不規則変動により  
 $C$  とは異なる可能性がある (4, 6-10)。  $C$  と  $\hat{C}$  の不一致がロットの誤った分類の  
原因となる。したがって、本試験の目的は、誤った分類を可能な限り減らすこと  
である。アフラトキシンの濃度は、製品 1 g 中の ng 単位での全アフラトキシ量  
あるいは ppb の単位で測定する。

トウモロコシ穀粒のロットは、任意のアフラトキシ検体抜き取り検査法にし  
たがって検査され、検体の検査結果  $\hat{C}$  が検体許容限界  $C_a$  よりも大きい場合に不  
合格、検体の検査結果  $\hat{C}$  が  $C_a$  以下の場合に合格と分類される。実際には  $C_a$  と  $C_g$   
は必ずしも等しくない。公式の規制ガイドラインあるいは規制限界値  $C_g$  を設定し  
ていない国は、様々な検体許容値  $C_a$  の検体抜き取り検査法の性能に対する影響を  
検討して、 $C_g$  の設定を図ることができよう。既に  $C_g$  が設定されている場合、穀  
物加工業者や製造業者は、 $C_g$  値と様々な  $C_a$  値の関連を調査して、誤った分類を  
減少させる最適な方法を決定することができよう。

検体抜き取り検査法には 2 種類の誤った分類が起こりうる。一つ目は偽陽性で、  
合格ロット ( $C \leq C_g$ ) が検体抜き取り検査法によって  $\hat{C} > C_a$  となり、不合格とさ  
れる場合である。これは良好なロットが販売者の費用負担で販路から除かれるた  
めに販売者のリスクとも呼ばれる。二つ目の誤った分類は偽陰性で、不合格ロッ  
ト  $C > C_g$  が検体抜き取り検査法によって  $\hat{C} \leq C_a$  となり、合格とされる場合である。  
この誤った分類は購入者のリスクとして知られている。不合格となるべきロット  
が検出できない場合、そのロットは食品や飼料に使用されて消費者の健康上の問  
題を引き起こす可能性がある。後になってこのロットが発見されると、アフラト  
キシンの濃度を減らすための清浄化などの処理が必要となる。これら 2 種類の誤っ  
た分類の発生頻度は、 $C_g$ 、 $C_a$ 、アフラトキシ検査法およびロット中濃度の真の  
分布に左右される。これら 2 種類の誤った分類が発生する頻度は、OC 曲線によ  
って評価できる。

### 検査特性曲線

$P\{C\}$  をアフラトキシ濃度  $C$  のトウモロコシ穀粒が特定の検体抜き取り検査法  
で合格となる確率としてみよう。理想的な検体抜き取り検査法は  $C \leq C_g$  のロット  
を 100% の確率で合格とし、 $C > C_g$  のロットを 0% の確率で合格とする。OC 曲線  
は、 $C$  に対する  $P\{C\}$  をプロットしたものである。図 1 に標準的な OC 曲線を示す。  
OC 曲線は特定の検査法、検体許容限界値  $C_a$  およびロット中濃度  $C$  に対する検体  
の検査結果  $\hat{C}$  の分布によって独自に決定される。本試験では、 $P\{C\}$  は、検体の検  
査結果  $\hat{C}$  の分布をモデル化するために複合ガンマ分布を用いてコンピュータで計  
算した (5)。複合ガンマ分布の母数は、濃度  $C$  のトウモロコシ穀粒のロットから  
得た反復値  $\hat{C}$  間で観察されるバラツキの推定値から推定する<sup>[4]</sup>。

図 1 に示した OC 曲線により、特定の検体抜き取り検査法で合格および不合格  
となる任意のロット中濃度  $C$  のロットの割合を予測でき、合格確率  $P(C)$  に対  
する検体抜き取り検査法に関連した誤った分類の誤差が示される。理想的な OC  
曲線では、 $P(C)$  は  $C \leq C_g$  の場合に 1、 $C > C_g$  の場合にゼロとなり、偽陽性も偽

陰性も消滅する。

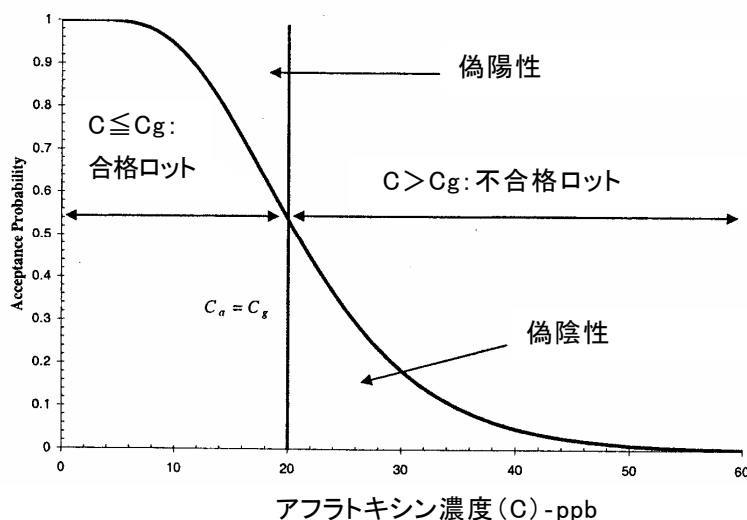


図1 アフラトキシンの濃度  $C$  のロットを検査した場合のアフラトキシンの検体抜き取り検査法の性能を示す標準的な検査特性曲線

### 穀物分布

図1に示したOC曲線は、ある一つの検体抜き取り検査法による検査で任意の濃度  $C$  のロットが合格（あるいは不合格）となる割合を示す。OC曲線の合格確率をある穀物年度の合格ロット数および不合格ロット数に変換するためには、その穀物年度のアフラトキシンの濃度  $C$  のロットの分布を知る必要がある。

本試験では、かなりのロットにアフラトキシンの汚染している高度汚染の穀物の分布を用いて、様々な検体量および検体許容値が検体抜き取り検査法に及ぼす影響を例証した。本試験で使用した穀物の分布はFDA (T. Troxellによる私信、1998)から入手し、その累積分布を表1に示した。ロット中の濃度は0~1150 ppbで、この穀物分布の全ロットの平均アフラトキシンの濃度は13.5 ppbであった。

以下に合格確率あるいは合格および不合格ロットの割合 (OC曲線) を合格ロット数、不合格ロット数および誤って分類したロット数に変換する過程を考察した。合格ロットおよび不合格ロット中の平均アフラトキシンの濃度の計算についても考察した。

1 穀物年度に検査した全ロット数を  $L$  としてみよう。特定のアフラトキシンの濃度  $C$  を有するロットの数は  $L \times f(C)$  で、 $f(C)$  は穀物分布から得た濃度  $C$  を有するロットの関数である。任意の検体抜き取り検査法による合格ロット数は下式により求められる。

$$L_c = L \sum_{C=0}^{C_g} f(C) \times P\{C\} \dots (1)$$

表1 FDAの穀物データによるアフラトキシン検体抜き取り検査結果のロット中アフラトキシン推定濃度の累積分布(全ロット間の平均アフラトキシン濃度は13.54ppb)

ロット中濃度、ppb	累積度数、%
0	40.00
5	57.48
10	85.87
20	91.00
30	93.28
50	95.48
75	96.78
100	97.50
200	98.70
300	99.14
400	99.37
500	99.50
750	99.68
1000	99.78
1150	100.00

ここで、 $P\{C\}$ はOC曲線から得られ、 $C_{max}$ は穀物分布における最大ロット中濃度である。不合格ロット数は以下のように定義される。

$$L_r = L \sum_{C=0}^{C_r} f(C) \times [1 - P\{C\}] \quad \dots (2)$$

あるいは

$$L_r = L - L_s \quad \dots (3)$$

誤って分類されるロット数も計算できる。偽陽性ロット数  $L_{fp}$  (不合格とされる合格となるべきロット) は等式4より求められる。

$$L_{fp} = L \sum_{C=C_1}^{C_2} f(C) \times [1 - P\{C\}] \quad \dots (4)$$

偽陰性ロット数  $L_{fn}$  (合格とされる不合格となるべきロット) は等式5より求められる。

$$L_{fn} = L \sum_{C=C_1}^{C_2} f(C) \times P\{C\} \quad \dots (5)$$

検体抜き取り検査法に関連する正しい決断の割合  $CD$  は

$$CD, \% = \frac{L - (L_{fp} + L_{fn})}{L} \times 100 \quad \dots (6)$$

合格ロットの、ロット中濃度  $C_1$  から  $C_2$  ( $C_1 < C_2$ ) までの範囲での平均アフラトキシン濃度 ( $A_{acc}$ ) は以下の等式により求められる。

$$A_{acc} = \frac{\sum_{C=C_1}^{C_2} C \times f(C) \times P\{C\}}{\sum_{C=C_1}^{C_2} f(C) \times P\{C\}} \quad \dots (7)$$

例えば  $C_1=0$  で  $C_2=C_{max}$  の場合、等式 7 によって、そのアフラトキシン検体抜き取り検査法で合格となるトウモロコシ穀粒の全ロットの平均アフラトキシン濃度が推定される。

不合格ロットの、ロット中濃度  $C_1$  から  $C_2$  ( $C_1 < C_2$ ) の範囲での平均アフラトキシン濃度 ( $A_{rej}$ ) は以下の等式により求められる。

$$A_{rej} = \frac{\sum_{C=C_1}^{C_2} C \times f(C) \times [1-P\{C\}]}{\sum_{C=C_1}^{C_2} f(C) \times [1-P\{C\}]} \quad \dots (8)$$

## 結 果

合計 6 種類の検体抜き取り検査法を評価した。5、10 および 20 kg の検体量を用いた 3 種類の検体抜き取り検査法の比較により、検体量がロットの誤った分類に及ぼす影響が示された。10、20 および 30 ppb の許容値を用いた残りの 3 種類の検体抜き取り検査法の比較により、検体許容値がロットの誤った分類に及ぼす影響が示された。ロットの誤った分類は、20 ppb の規制ガイドラインおよび表 1 に示した穀物分布に基づいて決定した。合格ロットおよび不合格ロットの区分には 20 ppb の規制ガイドラインを用いた。合格ロットは濃度  $C \leq 20$  ppb で、不合格ロットは濃度  $C > 20$  ppb である。

### 検体許容値の影響

図 2 に 5 kg の定められた検体量を用いた場合の様々なロット中濃度  $C$  における合格ロットおよび不合格ロットの割合に対する 3 種類の許容値の影響を示した。5 kg の検体量において、許容値が 30 ppb から 10 ppb に減少すると、OC 曲線はアフラトキシン濃度軸の左側に移動した。OC 曲線の左方移動は、全てのアフラトキシン濃度において合格ロットの割合が減少し、不合格ロットの割合が増加することを意味する。例えば、図 2 に示すように、許容値が 30 ppb から 10 ppb に減少すると 20 ppb (規制ガイドライン) で合格となるロットの割合は 83.40% から 17.08% に減少し、20 ppb で不合格となるロットの割合は 16.60% から 82.92% に増加する。

表 1 に示した穀物分布を用いて、5 kg の検体の許容値を 30 ppb から 10 ppb に変更した時の、100 検査ロット当たりの全合格ロット数および不合格ロット数に対する影響を表 2 に示した。5 kg の検体の許容値が 30 ppb から 10 ppb に減少すると、合格となるロット数は 100 検査ロット当たり 92.96 から 84.53 に減少し、不合格となるロット数は 100 検査ロット当たり 7.04 から 15.47 に増加する。

検体の許容値を下げると (検体量は不変)、合格ロット中のアフラトキシン濃度は減少するとともに、新たに不合格と分類されるロットも低いアフラトキシン濃度を有するため、合格ロットと不合格ロット中の平均アフラトキシン濃度は共に減少する。表 2 に示すように、検体の許容値が 30 ppb から 10 ppb に減少すると、合格ロット中の平均アフラトキシン濃度は 2.91 ppb から 1.69 ppb に減少し、不合

格ロット中の平均アフラトキシン濃度は 154.00 ppb から 78.32 ppb に減少する。

表 1 の穀物分布を用いて、検体の許容値  $C_a$  が 30 ppb から 10 ppb に減少した時に、20 ppb の規制ガイドライン  $C_g$  と比較して誤って分類されるロット数（100 検査ロット当たりの  $L_{fp}$  および  $L_{fn}$ ）を表 2 に示す。例えば、5 kg の検体量で検体の許容値が 30 ppb から 10 ppb に減少すると、 $L_{fp}$  は 100 検査検体当たり 0.37 から 6.72 に増加して、 $L_{fn}$  は 2.33 から 0.25 に減少する。

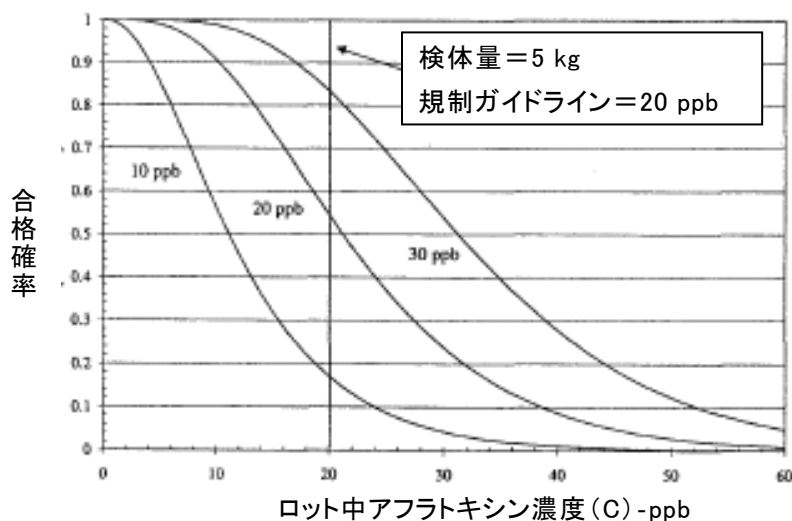


図 2 5 kg の検体量を用いた場合の 10、20 および 30 ppb の許容値の検査特性曲線

表 2 は、5 kg の検体量で検体許容値が規制ガイドラインよりも低い場合 ( $C_a < C_g$ )、許容値が規制ガイドラインと等しい場合と比べて、 $L_{fp}$  は増加し、 $L_{fn}$  は減少することを示している。5 kg の検体量で検体許容値が規制ガイドラインよりも高い場合 ( $C_a > C_g$ )、許容値が規制ガイドラインと等しい場合と比べて、 $L_{fp}$  は減少し、 $L_{fn}$  は増加する。

表 2 から、5 kg の検体量で 20 ppb の規制ガイドラインの場合、検体の許容値が 30 ppb から 10 ppb に減少すると正しい決断 (CD) の割合は減少することがわかる。検体の許容値が減少すると偽陰性数は減少するが、偽陽性数は増加する。CD の割合は減少するものの、それほど急激ではない。

$C_a$  の  $L_{fp}$  および  $L_{fn}$  に対する影響は、5 kg 以外の検体量においても同様である。

表 2 検体許容値が 30ppb から 10 ppb に低下した時の、トウモロコシ穀粒のアフラトキシン検査手順および検体抜き取り検査法の性能パラメータに対する影響(全ロット検体の平均アフラトキシン濃度は 13.54ppb で、検体量は 5kg)

性能パラメータ	検体許容値、ppb		
	30	20	10
合格ロット数(100 検査ロット当たり)	92.98	90.46	84.53
不合格ロット数(100 検査ロット当たり)	7.04	9.54	15.47
合格ロットの平均 ppb	2.91	2.38	1.69
不合格ロットの平均 ppb	154.00	119.41	78.32
偽陽性数 <sup>a</sup> (100 検査ロット当たり)	0.37	1.66	6.72
偽陰性数 <sup>a</sup> (100 検査ロット当たり)	2.33	1.12	0.25
正しい判断、% <sup>a</sup>	97.30	97.23	93.03

<sup>a</sup> 規制ガイドライン=20 ppb

### 検体量の影響

20 ppb の検体許容値で、検体量を 5 kg から 20 kg に増加させた時の、様々なロット中濃度における合格および不合格ロットの割合に対する影響を図 3 に示す。20 ppb の検体許容値で、3 つの OC 曲線は 20 ppb の検体許容値付近で交差する(図 3)。OC 曲線の傾きは、ロット中濃度が 20 ppb の検体許容値となる付近で増加する。傾きが増加すると、検体許容値を下回る濃度で合格とされるロットの割合は増加して、検体許容値を上回る濃度で不合格とされるロットの割合も増加する。例えば、20 ppb の検体許容値で、検体量を 5 kg から 20 kg に増加すると、10 ppb で合格とされるロットの割合は 90.71%から 94.59%に増加し、30 ppb で不合格とされるロットの割合も 76.24%から 81.55%に増加する。

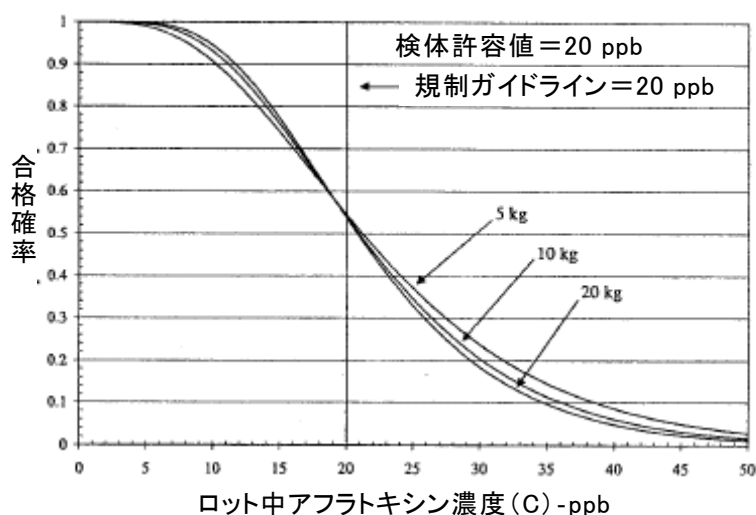


図 3 20 ppb の検体許容値における 5、10 および 20 kg の検体量の検査特性曲線

20 ppb の検体許容値で表 1 の穀物分布を用いた場合の、検体量を 5 kg から 20 kg に増加した時の 100 検査ロット当たりの合格ロット数および不合格ロット数に対する影響を表 3 に示す。20 ppb の検体許容値で、検体量を 5 kg から 20 kg に増加



すると、100 検査ロット当たりの合格ロット数は 90.46 から 90.65 に増加し、不合格ロット数は 9.54 から 9.35 に減少する。

検体量を 5 kg から 20 kg に増加すると、合格ロット中の平均アフラトキシン濃度は 2.38 ppb から 2.35 ppb に減少し、不合格ロット中の平均アフラトキシン濃度は 119.41 ppb から 122.02 ppb に増加する。

表 1 の穀物分布を用いて、検体量が 5 kg から 20 kg に増加した時に、20 ppb の規制ガイドライン  $C_g$  と比較して誤って分類されるロット数 (100 検査ロット当たりの  $L_{fp}$  および  $L_{fn}$ ) を表 3 に示す。例えば、20 ppb の検体許容値および 20 ppb の規制ガイドラインで、検体量を 5 kg から 20 kg に増加すると、 $L_{fp}$  は 100 検査検体当たり 1.66 から 1.29 に減少し、 $L_{fn}$  も 1.12 から 0.94 に減少する。

理論的には、検体量を増加させると OC 曲線の傾きは増加し、誤った分類は減少する。これは、検体量を 5 kg から 10 kg に増加すると、 $CD$  の割合が増加することを意味している。表 3 は、20 ppb の検体許容値および 20 ppb の規制ガイドラインで検体量が 5 kg から 20 kg に増加すると、 $CD$  の割合が 97.23% から 97.77% 増加すること示している。

表 3 検体量を 5kg から 20kg に増加した時の、トウモロコシ穀粒のアフラトキシン検査手順および検体抜き取り検査法に関連する性能パラメータに対する影響 (全ロット検体の平均アフラトキシン濃度は 13.54ppb で、検体許容値は 20ppb)

性能パラメータ	検体量、kg		
	5	10	20
合格ロット数(100 検査ロット当たり)	90.46	90.59	90.65
不合格ロット数(100 検査ロット当たり)	9.54	9.41	9.35
合格ロットの平均 ppb	2.38	2.36	2.35
不合格ロットの平均 ppb	119.41	121.16	122.02
偽陽性数 <sup>a</sup> (100 検査ロット当たり)	1.66	1.42	1.29
偽陰性数 <sup>a</sup> (100 検査ロット当たり)	1.12	1.00	0.94
正しい判断、% <sup>a</sup>	97.23	97.58	97.77

<sup>a</sup> 規制ガイドライン=20 ppb

## 要 約

抜き取り検体量および検体許容値の変更がトウモロコシ穀粒のアフラトキシン検体抜き取り検査法の性能に及ぼす影響を検討した。3 種類の検体量 (5、10 および 20 kg) と 3 種類の検体許容値 (10、20 および 30 ppb) の、合わせて 6 種類の検体抜き取り検査法を検討した。各検査法を評価するために、複合ガンマ分布を用いて検査特性曲線を作成した。任意の検体量で検体の許容値を減少すると、全てのロット中アフラトキシン濃度において合格ロット数の割合が減少して不合格ロット数の割合が増加し、合格ロットおよび不合格ロット中の平均アフラトキシン濃度は減少した。

20 ppb の規制ガイドラインを用いて、検体許容値がロットの誤った分類に及ぼす影響についても検討した。検体量 5 kg で、検体許容値を規制ガイドラインより低く設定すると、偽陽性数は増加して偽陰性数は減少した。検体量 5 kg で検体許容値を規制ガイドラインより高く設定すると、偽陽性数は減少して偽陰性数は増加した。

20 ppb の検体許容値で検体量を増加すると、規制ガイドラインよりも低い濃度で合格となるロットの割合は増加して規制ガイドラインよりも高い濃度で不合格となるロットの割合も増加し、合格ロットの平均アフラトキシン濃度は減少して不合格ロットの平均アフラトキシン濃度は増加した。規制ガイドラインと同じ濃度である 20 ppb の検体許容値で検体量を増加すると、ロットの誤った分類は偽陽性および偽陰性共に減少した。

任意の検体許容値で検体量を増加すると、偽陽性および偽陰性は共に減少して、検体許容値を規制ガイドラインより低く設定すると、偽陰性は減少したが偽陽性が増加した。

#### 参考文献

- [1] Food and Agriculture Organization (1995) FAO Food and Nutrition Paper 64.FAO, Viale della Terme di Caracalla 00100, Rome, Italy
- [2] Food and Agriculture Organization (1993) FAO Food and Nutrition Paper 55.FAO Viale della Terme di Caracalla 00100, Rome, Italy
- [3] USDA Grain Inspection, Packers and Stockyards Administration (1998) Aflatoxin Fact Sheet. <http://www.usda.gov/gipsa/progser/inspwgh/aflafact.htm> (10/05/98)
- [4] Johansson, A.S., Whitaker, T.B., Giesbrecht, F.G., Hagler, W.M., & Young, J.H. (2000) J.AOAC Int. 83, 1264-1269
- [5] Johansson, A.S., Whitaker, T.B., Giesbrecht, F.G., Hagler, W.M., & Young, J.H. (2000) J.AOAC Int. 83, 1270-1278
- [6] Whitaker, T.B., Dickens, J.W., & Monroe, R.J. (1974) J.Am.Oil Chem. Soc. 51, 214-218
- [7] Whitaker, T.B., Dickens, J.W., & Monroe, R.J. (1979) J.Am.Oil Chem. Soc. 56, 789-794
- [8] Whitaker, T.B., Whitten, M.E., & Monroe, R.J. (1976) J.Am.Oil Chem. Soc. 53, 502-505
- [9] Whitaker, T.B., Dowell, F.E., & Hagler, W.M.Jr, Giesbrecht, F.G., & Wu, J. (1994) J.AOAC Int. 77, 107-116
- [10] Whitaker, T.B., Giesbrecht, F.G., & Wu, J. (1996) J.AOAC Int. 79, 981-988