La Détection de l'aflatoxine dans les produits agricoles

Dr Floyd E. Dowell, USDA, Service de Recherche Agricole, Centre de Recherche sur la Santé Céréalière et Animale

Dr Dowell est un ingénieur de recherche agricole à l'ARS de l'USDA. Il a environ 30 ans d'expérience dans le développement d'une technique pour mesurer la qualité des céréales et améliorer la sécurité alimentaire dans les pays en développement. Il a plus de 20 ans d'expérience dans l'agriculture internationale, et est président de Hope International, un organisme de bienfaisance à but non lucratif qui fournit un soutien agricole, médical et éducatif aux gens dans les pays en développement. Il a vu des problèmes avec l'aflatoxine dans des pays tels que le Kenya et le Laos, où le manque de programmes de dépistage de l'aflatoxine a affecté la santé humaine et animale. Une grande partie de son expérience porte sur la mesure et la conservation de la qualité des céréales. Sa volonté d'en savoir davantage sur la production agricole dans les climats tropicaux des pays en développement l'a amené à suivre récemment le cours de TAD de ECHO.

Introduction

L'aflatoxine, une mycotoxine produite par les champignons *Aspergillus flavus* et *A. parasiticus*, peut nuire à la santé animale et humaine. Sa présence dans de nombreuses cultures agricoles est préoccupante, et les niveaux sont souvent réglementés dans le commerce national et international. L'aflatoxine n'est généralement pas un problème dans des cultures saines traitées et stockées correctement. Toutefois, lorsque les cultures sont stressées (par exemple lorsqu'elles sont endommagées par des insectes ou la sécheresse, ou lorsqu'elles sont stockées dans des conditions inadéquates de haute teneur en humidité), les champignons qui produisent les aflatoxines peuvent infecter les graines dans le champ ou pendant le stockage (Figure 1). Les conditions favorables à la contamination par les aflatoxines ainsi que les problèmes sanitaires qui s'ensuivent sont passés en revue dans EDN 87 (https://c.ymcdn.com/sites/echocommunity.site-ym.com/resource/collection/9EE3A8EE-FF5C-45A6-9BA9-0AB3A3E7652E/edn87.pdf). Bien que la présence de l'aflatoxine soit relativement rare et que les niveaux dans la nourriture et le fourrage soient généralement très faibles, elle peut être un sujet de préoccupation dans les céréales, les oléagineux, les noix, les fruits et les épices.

Les programmes de tests d'aflatoxines font partie de la routine de nombreuses politiques d'importation et d'exportation, et une composante établie du processus de commercialisation par les fermier de produits de base comme l'arachide dans

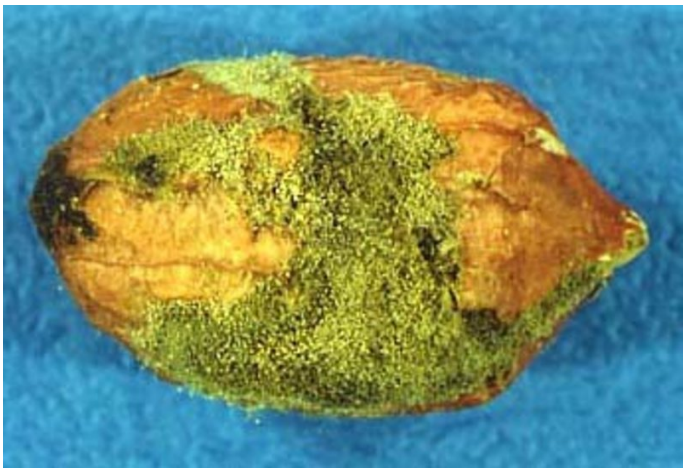

Figure 1. Noyau d'arachide moisi qui a probablement des niveaux élevés d'aflatoxine.
Photo: Floyd Dowell

certains pays. Cependant, le test est moins fréquent dans les pays où il y a peu ou pas d'incitation financière pour récompenser le vendeur qui fournit une culture de haute qualité. Quand les économies et les rendements des cultures dans les pays en développement s'améliorent, des occasions se présentent visant à récompenser les vendeurs qui fournissent des produits de haute qualité. Ceci s'est produit dans des pays comme le Laos, le Kirghizistan et le Kenya, où des acheteurs céréaliers privés et de l'Etat, ainsi que des producteurs d'aliments voient les avantages financiers de garantir un produit sûr et sain. Comme aux États-Unis, un agriculteur peut ne pas être susceptible de mettre en œuvre un programme de test d'aflatoxine. Ceux qui achètent des céréales et les vendent comme alimentation humaine ou animale sont peut-être les mieux placés pour mettre en œuvre un programme d'échantillonnage et de test qui peut récompenser les vendeurs qui fournissent un produit sûr et sain; ces acheteurs de céréales peuvent alors à leur tour vendre les céréales comme de la nourriture ou du fourrage de meilleure qualité.

Les programmes d'échantillonnage et de test d'aflatoxine approuvés pour l'inspection officielle et le commerce international sont publiés par le Codex(http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/agns/pdf/CXS_193e.pdf (http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/agns/pdf/CXS_193e.pdf)) et l' Administration de l'inspection des grains, des établissements d'emballage et des parcs à bestiaux (GIPSA) (https://www.gipsa.usda.gov/fgis/public_handbooks.aspx (https://www.gipsa.usda.gov/fgis/public_handbooks.aspx)). Cependant, ceux qui souhaitent mettre en œuvre des programmes de tests locaux, ou pour tester dans des pays où l'aflatoxine n'est pas réglementée, peuvent vouloir étudier les procédures de test pour leurs situations uniques. Ainsi, cet article va fournir aux nouveaux utilisateurs des informations de base sur l'échantillonnage et les tests d'aflatoxine, y compris les avantages et les limites des diverses stratégies.

L'échantillonnage pour l'aflatoxine

Souvent, lors d'échanges au sujet du test de l'aflatoxine, les exactitudes de diverses méthodes de test sont débattues. Cependant, la plupart des erreurs commises lors de la mesure de l'aflatoxine est due à la variabilité de l'échantillonnage, plutôt que la précision de la méthode de test (Whitaker *et al.*, 1994). En effet, l'aflatoxine est généralement concentrée dans un petit pourcentage de céréales. Par exemple, si une partie d'un champ a subi un stress à cause de la sécheresse ou de la maladie, les graines de ces plantes sont plus susceptibles d'être infectées par A. flavus et l'aflatoxine. De même, les graines qui ont été endommagées par des insectes dans le champ sont les plus susceptibles de contenir le champignon envahisseur. Pendant le stockage, des poches d'humidité (attrayantes pour *A. flavus*) peuvent se

produire là où un toit subit des fuites, là où des graines sont stockées dans des conditions de haute teneur en humidité, ou encore là où des populations d'insectes créent des conditions favorables à la croissance fongique. Le reste des graines peut ne pas contenir d'aflatoxine, mais les niveaux très élevés dans les quelques graines moisies peut causer des niveaux moyens relativement élevés d'aflatoxine dans le lot entier. Si les graines infectées ne font pas partie de l'échantillonnage, des faux négatifs vont donner aux acheteurs l'impression que le lot ne contient pas d'aflatoxine. A l'inverse, si l'échantillon contient des graines essentiellement moisies alors que le reste du lot est relativement exempt d'aflatoxine, les niveaux très élevés d'aflatoxine dans l'échantillon entraîneront le rejet de l'ensemble du lot, même si le reste du lot peut être constitué de très bonnes graines de haute qualité.

Plans d'échantillonnage traditionnel

Si l'objectif d'un plan de test pour l'aflatoxine est d'avoir un niveau de confiance que les niveaux d'aflatoxine moyens sont inférieurs à un seuil défini, le plan d'échantillonnage doit suivre l'une des procédures standards publiés par des organisations telles que la Food and Drug Administration (l'Administration chargée des aliments et des médicaments) des États-Unis ou la Commission européenne. Ces plans exigent généralement que de multiples échantillons de taille spécifique soient extraits d'un écoulement de grain, ou de sondes insérées dans le tas de grain. Ces grands échantillons sont ensuite mélangés et sous-échantillonnées jusqu'à ce qu'une taille appropriée pour l'analyse soit obtenue. Ces plans d'échantillonnage traditionnels permettent aux acheteurs et aux vendeurs d'avoir un certain niveau de confiance que les valeurs d'aflatoxine résultantes représentent la masse des graines. Bien sûr, l'aflatoxine mesurée dans l'échantillon peut être supérieure ou inférieure au niveau de l'ensemble du lot, mais le fait d'obtenir à plusieurs reprises des échantillons au cours de la récolte et du processus de traitement peut mieux rassurer sur les niveaux moyens d'aflatoxine dans le produit acheté ou vendu.

Échantillonnage des semences à haut risque

Si l'objectif du plan de test pour l'aflatoxine est d'avoir un niveau de confiance que le lot n'a pas, ou a de très faibles niveaux d'aflatoxine, alors seules les graines qui sont les plus susceptibles de contenir des aflatoxines devraient être testées (Whitaker et al. 1998). Si elle est présente, l'aflatoxine est souvent concentrée dans les graines qui ont été endommagées par des insectes ou des maladies. Ces graines ont tendance à être plus petites, donc si on teste les graines plus petites (obtenues en passant l'échantillon ou le lot sur un tamis de sorte que les petites graines tombent au travers) cela peut indiquer s'il y a un problème d'aflatoxine potentiel. Si aucune aflatoxine ne se trouve dans cette portion, le reste du lot est peu susceptible de contenir de l'aflatoxine.

Nettoyage et ré-échantillonnage

Si un niveau inacceptable d'aflatoxine est détecté dans un échantillon, le lot peut être nettoyé pour enlever les graines plus petites et décolorées. Le grain restant peut ensuite être testé pour l'aflatoxine pour voir si les niveaux sont en dessous des seuils acceptables. Comme mentionné précédemment, les petites graines sont plus susceptibles de contenir de l'aflatoxine; c'est le cas également des graines décolorées. Ainsi, en supprimant les graines décolorées en les enlevant à la main ou

avec une trieuse électronique, cela peut réduire l'aflatoxine dans la partie restante. La corrélation entre les petites graines endommagées et les niveaux élevés d'aflatoxine a été confirmée dans les noix, les arachides et les graines de céréales. Les graines décolorées ou petites avaient des niveaux d'aflatoxine 10 à 1000 fois plus élevés que les graines grandes et saines (Dowell et al. 1990; Johansson et al. 2006). Bien que ce ne soit pas une méthode recommandée, une autre option pour réduire les niveaux moyens d'aflatoxine est de mélanger les graines contaminées avec des graines de qualité supérieure pour diluer l'aflatoxine à des niveaux sûrs.

Détection de l'aflatoxine

Beaucoup de méthodes directes et indirectes, quantitatives et qualitatives peuvent être utilisées pour évaluer des échantillons pour l'aflatoxine. Toutes nécessitent le broyage de l'échantillon et l'extraction de l'aflatoxine avec une solution de solvant ou une solution aqueuse pour une analyse ultérieure, à l'exception de la méthode visuelle à éclairage ultraviolet. Toutes les méthodes énumérées ici sont soit des méthodes approuvées par l'American Association of Cereal Chemists International (AACCI) (http://methods.aaccnet.org/toc.aspx (http://methods.aaccnet.org/toc.aspx)) ou des tests de performance vérifiés par l'USDA (GIPSA) (http://www.gipsa.usda.gov/fgis/rapidtestkit.aspx (https://www.gipsa.usda.gov/fgis/rapidtestkit.aspx)). Les méthodes varient dans leur précision, le coût d'instrumentation, le coût par échantillon, et le niveau d'expertise technique nécessaire. Certaines ont été examinées dans EDN 87 (https://c.ymcdn.com/sites/echocommunity.site-ym.com/resource/collection/9EE3A8EE-FF5C-45A6-9BA9-0AB3A3E7652E/edn87.pdf). Ci-dessous, elles sont regroupées en trois catégories: 1) la méthode visuelle, 2) les méthodes chromatographiques, et 3) les tests rapides.

La méthode visuelle

La méthode la plus simple et la plus rapide pour déterminer si les échantillons peuvent contenir des aflatoxines est d'examiner visuellement les grains sous une lumière ultraviolette, ou «noire», (365 nm). La méthode est basée sur l'hypothèse qu'une fluorescence jaune verdâtre brillante est corrélée à la présence d'aflatoxine. Cependant, d'autres matières peuvent émettre de la fluorescence, ce qui peut entraîner des faux positifs. En outre, les graines contaminées ne fluorescent pas toujours, ce qui peut donner un résultat de faux négatifs. En raison de la possibilité de faux négatifs et de faux positifs associés à ce test, GIPSA affirme que cette méthode visuelle ne doit pas être utilisée pour le dépistage des mycotoxines. Malgré ces limites, le comptage du nombre de graines à fluorescence jaune verdâtre brillante a été utilisé pour accepter ou rejeter des lots de maïs avec un certain succès. Le test visuel est la plus simple méthode disponible pour une situation de ressources limitées, ne nécessitant aucune préparation de l'échantillon et sans coût par échantillon. Le seul coût d'instrumentation est une lampe ultraviolette (environ 600 $). Si cette méthode est utilisée, tous les résultats positifs doivent être confirmés par un test chimique.

Les méthodes chromatographiques

Les méthodes qui utilisent la chromatographie sont les plus précises, mais elles nécessitent aussi des compétences et du temps. L'échantillon est broyé, puis l'aflatoxine est extraite de l'échantillon broyé à l'aide d'un solvant. L'aflatoxine dans le solvant est ensuite déplacée à travers une colonne de chromatographie ou posée sur une plaque de chromatographie qui contient une substance qui attire l'aflatoxine en fonction de la polarité de celle-ci. Tous les composés ont une polarité unique, de sorte que la force de l'attraction des composés au solvant, à la colonne ou à la plaque détermine la vitesse du flux d'aflatoxine avec le solvant. Chaque composé, y compris l'aflatoxine, sera séparé des autres composés quand il se déplace à travers la colonne ou à travers une plaque. Il peut alors être quantifié comme décrit ci-dessous.

- **La chromatographie liquide haute performance (CLHP).** Cette méthode donne des résultats précis et quantitatifs, et est souvent utilisée comme une méthode à laquelle toutes les autres méthodes de test pour l'aflatoxine sont comparées. Cependant, elle nécessite un investissement important en capital (> 100.000 $), une formation considérable dans un laboratoire chimique pour mener à bien les procédures, et des techniciens qualifiés pour entretenir l'instrument. Le coût par échantillon dans un laboratoire commercial est d'environ 85 $ / échantillon, y compris la main d'œuvre. La technique nécessite plusieurs heures par échantillon, bien que certaines parties du processus puissent être automatisées. Avec cette méthode, l'aflatoxine est attirée soit au solvant se déplaçant à travers l'instrument ou à la colonne CLHP à travers laquelle elle se déplace. La quantité d'aflatoxines dans l'échantillon est mesurée lorsqu'elle se déplace devant un capteur à l'extrémité de la colonne de la CLHP. La méthode CLHP a une limite de détection très sensible de moins de 1 ppb, et est approuvée par de nombreux acheteurs et vendeurs; c'est une bonne option si des résultats très précis sont nécessaires (par exemple pour l'établissement d'un laboratoire de référence).
- **La chromatographie sur couche mince (CCM).** Cette méthode était autrefois une alternative populaire à la CLHP, car elle est quelque peu portable sur le terrain. Cependant, elle nécessite plusieurs jours de formation et de la pratique, de l'attention aux détails, et des équipements de laboratoire qui comprennent des pareurs, des vases à bec et des plaques de CCM. Elle fonctionne sur le même principe que la CLHP, mais le solvant peut se déplacer jusqu'à une plaque fixe revêtue d'une matière spécifique, plutôt que de circuler à travers une colonne comme avec la CLHP. Cette méthode n'est plus approuvée par la GIPSA. Elle demande plusieurs heures pour terminer un test, et n'est ni aussi précise que la CLHP, ni aussi rapide et précise que les tests rapides énumérés ci-dessous.

Les tests rapides

Les tests rapides sont quelques-unes des méthodes actuelles les plus populaires pour tester les produits pour l'aflatoxine. Ils consistent à extraire l'aflatoxine de l'échantillon broyé, puis à ajouter une substance qui provoque un changement de couleur corrélée au niveau de l'aflatoxine. Dans certains tests, le changement de couleur indique si l'aflatoxine est supérieur à un niveau déterminé (par exemple, 20

ppb), tandis que dans d'autres essais, l'intensité de la couleur peut être utilisée pour quantifier le niveau d'aflatoxine en utilisant un lecteur. Ces tests peuvent être effectués dans les 5 à 20 minutes; ils requièrent une formation et un minimum d'équipement, et coûtent généralement moins de 10 $ / test pour les consommables. L'équipement nécessaire peut varier selon le test, mais peut inclure un petit broyeur (comme un moulin à café), une balance, un incubateur, et de la verrerie de base et des pipettes. Le coût unique pour commencer les tests varie généralement entre 1000 $- 5000 $. Les trois principaux types de tests sont énumérés ci-dessous.

- **Les Tests en format micropuits.** Les tests en format micropuits de l'essai d'immuno-absorption enzymatique (ELISA) mesure de l'aflatoxine extraite d'un échantillon broyé avec un solvant comme le méthanol ou (plus récemment) une solution aqueuse plus écologique. Le solvant est ensuite mélangé avec une quantité connue d'aflatoxine marquée par une enzyme, et le mélange est ajouté à un micropuits revêtue d'anticorps. Les anticorps déposés sur le micropuits capturent soit l'aflatoxine dans le solvant ou l'aflatoxine marquée par une enzyme. Si une grande quantité d'aflatoxines est extraite de l'échantillon, les anticorps capturent plus de l'échantillon d'aflatoxine que de l'aflatoxine marquée par une enzyme. Si aucune aflatoxine n'a été extraite de l'échantillon, seule l'aflatoxine marquée par une enzyme est capturée par les anticorps. Un substrat est ensuite ajouté, ce qui provoque un changement de couleur uniquement dans l'aflatoxine marquée par une enzyme qui a été capturée par les anticorps, et la couleur est inversement proportionnelle à la quantité d'aflatoxines dans l'échantillon extrait. Une couleur plus claire signifie que plus d'aflatoxine a été extraite de l'échantillon et donc capturée par les anticorps. Le procédé nécessite plusieurs étapes et prend entre 5 et 20 minutes. Il peut être utilisé pour dépister des échantillons en vue de déterminer s'ils sont en dessous d'un niveau spécifié, ou le changement de couleur peut être quantifié avec un lecteur pour indiquer le niveau d'aflatoxine réel. La limite de détection est de 2 à 5 parties par milliard. Les tests en format micropuits coûtent environ 10 $ chacun pour les consommables. Cependant, de nombreux tests en format micropuits peuvent être faits à la fois, et certaines étapes peuvent être automatisées; cela peut réduire le temps et le coût par test, et rend la technique préférable dans certains laboratoires qui effectuent régulièrement de nombreux tests par jour.
- **Les bandes à flux latéral.** Ces tests de type « jauge » exigent également que l'aflatoxine soit extraite d'un échantillon broyé avec une solution de solvant ou une solution aqueuse, et ils gagnent en popularité. Une bande d'écoulement latérale est simplement placée dans la solution (figure 2) ou bien la solution est appliquée sur la bande. La solution coule alors par action capillaire à travers une zone où un anticorps, lié à des particules colorées, va se lier à l'aflatoxine. Si aucune aflatoxine n'est présente, l'anticorps avec la particule colorée se déplace dans une zone où il peut être capturé, et une ligne de couleur vive se forme. Si l'aflatoxine est suffisamment présente pour se lier à tous les anticorps, aucun anticorps non lié ne reste pour former la ligne de couleur. Ainsi, la luminosité de la ligne est inversement proportionnelle à la quantité d'aflatoxines dans l'échantillon. La luminosité de la ligne peut être mesurée avec un lecteur dans certaines versions des

tests de façon à ce que l'aflatoxine puisse être quantifiée. Les tests par les bandes à flux latéral peuvent être plus rapides (3,5 à 10 minutes) et plus simples que le test en format micropuits, car ils nécessitent moins d'étapes. Les procédures sont assez simples pour que la plupart des utilisateurs puissent rapidement les apprendre. La limite de détection est semblable aux tests en format micropuits, et le coût est similaire ou moins. Ces faits, combinés avec la simplicité d'utilisation des bandes à flux latéral, rendent les bandes préférables aux tests en format micropuits d'ELISA pour les tests occasionnels.

Figure 2. Placement d'une bande de test par flux latéral dans un extrait obtenu à partir d'un échantillon broyé.
Photo: Floyd Dowell

- **Les tests fluorométriques.** Ces tests nécessitent l'extraction de l'aflatoxine à partir d'échantillons broyés comme avec les autres tests rapides, mais l'extrait est ensuite passé à travers une colonne qui soit lie les impuretés et laisse passer seulement l'aflatoxine, ou lie l'aflatoxine et laisse passer les impuretés. Dans ce dernier cas, l'aflatoxine est ensuite recueillie de la colonne à l'aide d'un solvant. Dans les deux cas, un développeur est ajouté à l'extrait d'aflatoxine qui fait fluorescer l'aflatoxine. La quantité de fluorescence est corrélée aux niveaux d'aflatoxine et peut être lu en utilisant un fluoromètre. Plusieurs étapes sont nécessaires pour filtrer et diluer l'extrait, mais le test donne des résultats quantitatifs précis. Il peut être réalisé en 5 à 15 minutes, et a une limite de détection de < 1 ppb. Les tests fluorométriques sont plus précis sur une plus large gamme de niveaux d'aflatoxine que les autres tests rapides, mais les coûts (qui comprennent les solvants) ont tendance à être plus élevés de plus de 10 $ / test pour les consommables.

Le choix d'un test rapide pour détecter les aflatoxines sera probablement influencé par la précision, le coût, la simplicité et la rapidité de la méthode de test. Toutefois, étant donné que l'échantillonnage est de loin la plus grande source d'erreur, et que tous les tests rapides qui sont vérifiés par GIPSA répondent à des critères spécifiques de précision, l'exactitude ne devrait peut-être pas être un facteur important dans le choix d'un test. Restent le coût, la simplicité et la vitesse. Si de nombreux tests sont régulièrement effectués par jour, et si une personne expérimentée peut être affectée à l'exécution des tests, les micropuits ELISA peuvent offrir des avantages de vitesse et de coûts. Si peu de tests sont effectués, que ce soit de façon régulière ou sporadique, les tests par flux latéral sont les plus faciles à apprendre et à faible coût. Ces tests par flux latéral deviennent sans cesse meilleur marché et plus simples, et peuvent offrir le meilleur choix pour l'utilisateur occasionnel dans un avenir prévisible. Les tests fluorométriques sont exacts, mais peuvent être fastidieux et nécessitent plus de solvant que d'autres tests.

Résumé

Lors du test pour l'aflatoxine, la variabilité de l'échantillonnage est la plus grande source d'erreur. Pour déterminer si le lot atteint un seuil moyen d'aflatoxine, prenez soin d'analyser un échantillon représentatif obtenu au moyen d'un plan d'échantillonnage approuvé. Pour déterminer si le lot n'a aucun risque d'aflatoxine, échantillonnez et mesurez seulement la partie qui est la plus susceptible d'avoir de l'aflatoxine – les graines endommagées ou décolorées; si cet échantillon n'a pas ou a très peu d'aflatoxine, l'utilisateur peut avoir une bonne confiance que le lot entier a peu ou pas d'aflatoxine. Si un échantillon contient de l'aflatoxine au-dessus d'un niveau spécifié, le lot peut être nettoyé pour enlever les graines suspectes et testé de nouveau, ou mélangé avec du bon produit. La méthode de test choisie pour détecter l'aflatoxine dépendra du coût, de la précision, de la vitesse, et des exigences de simplicité de l'utilisateur. Pour l'utilisateur occasionnel, les tests par flux latéral offrent généralement des avantages par rapport aux autres tests en termes de simplicité, de rapidité, de coût et de précision.

La mention d'appellations commerciales ou de produits commerciaux dans la présente publication est uniquement dans le but de fournir des informations spécifiques et ne signifie pas qu'ils sont approuvés par le ministère de l'Agriculture des Etats-Unis. L'USDA est un fournisseur et employeur souscrivant au principe d'égalité d'accès à l'emploi.

Références

Dowell, F.E., J.W. Dorner, R.J. Cole, et J.I. Davidson, Jr. 1990. Aflatoxin reduction by screening farmers stock peanuts (Réduction de l'aflatoxine par le criblage des arachides de plantation). *Peanut Sciences* 17: 6-8.

Johansson, A.S., T.b. Whitaker, W.M. Hagler, Jr., D.T. Bowman, A.B. Stale, G. Payne. 2006. Predicting aflatoxin and fumonisin in shelled corn lots using poor-quality grade components (Prédire les aflatoxines et les fumonisines dans des lots de maïs décortiqués en utilisant des composants de mauvaise qualité). *J. AOAC International* 89 (2): 433-440.

Whitaker, T.b., F.E. Dowell, W.H. Hagler, Jr., F.G. Giesbrecht, et J. Wu. 1994. Variability associated with sampling, sample preparation, and chemical testing for aflatoxin in farmers' stock peanuts (Variabilité associée à l'échantillonnage, la préparation des échantillons, et l'analyse de produits chimiques pour la détection de l'aflatoxine dans les arachides de plantation). *J. AOAC International* 77 (1): 107-116.

Whitaker, T.b., W.M. Hagler, Jr., F.G. Giesbrecht, J.W. Dorner, F.E. Dowell et R.J. Cole. 1998. Estimating aflatoxin in farmers' stock peanut lots by measuring aflatoxin in various peanut-grade components (L'estimation de l'aflatoxine dans les arachides de plantation par la mesure de l'aflatoxine dans différentes composantes d'arachides de qualité). *J. AOAC International* 81 (1): 61-67.

© 2016 ECHO Inc. http://edn.link/detect-aflatoxin