

王海鸥,陈守江,胡志超,等.花生黄曲霉毒素污染与控制[J].江苏农业科学,2015,43(1):270-273.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.01.091

# 花生黄曲霉毒素污染与控制

王海鸥<sup>1</sup>,陈守江<sup>1</sup>,胡志超<sup>2</sup>,谢焕雄<sup>2</sup>

(1.南京晓庄学院生物化工与环境工程学院,江苏南京 211171; 2.农业部南京农业机械化研究所,江苏南京 210014)

**摘要:**花生是最容易受黄曲霉毒素污染的粮油作物之一,花生黄曲霉毒素污染防控是一项世界性难题。介绍了花生黄曲霉毒素污染现状与特点,分析了黄曲霉毒素侵染途径和影响因素,并从品种培育、土壤处理、田间管理、收获、干燥、贮藏以及产毒后去除等方面探讨了花生黄曲霉毒素防控技术措施。

**关键词:**花生;黄曲霉毒素;污染;防控

**中图分类号:** TS207.7;TS201.6

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1002-1302(2015)01-0270-03

花生是世界五大油料作物之一,广泛种植于亚洲、非洲、南美洲等发展中国家和美国等部分发达国家。在世界农业生产和贸易中占有重要地位,2012 年世界总产 4 100 万 t,种植面积 2 400 万 hm<sup>2</sup>,在油料中仅次于大豆、油菜籽位居第 3 位。中国是世界花生主产国,年种植面积 500 万 hm<sup>2</sup>,占世界总种植面积的 20%,居第 2 位;产量达 1 600 万 t,占世界总产的 40%,居第 1 位。中国在国际花生出口贸易中占主导地位,是世界第一大花生出口国,年均出口量 70 万 t,占世界花生产品贸易量的 40% 左右<sup>[1]</sup>。黄曲霉毒素(aflatoxin, AFT)是由黄曲霉和寄生曲霉所产生的一种次生代谢物,具有急慢性毒性、致突变性、致癌性和致畸性,其中黄曲霉毒素 B<sub>1</sub> 毒性是氰化钾的 10 倍,砒霜的 68 倍,被世界卫生组织(WHO)列为一级致癌物<sup>[2]</sup>。而花生是最容易受 AFT 污染的粮油作物之一,花生从生产到消费的每一个环节都可能污染黄曲霉并产生毒素,对人类健康造成极大危害。花生 AFT 污染是全球性的问题,是花生安全消费和出口面临的最大和最主要风险因素,受到广泛关注,世界各国和国际组织都对生产、出口和进口花生及其产品作严格的 AFT 限量规定。而控制花生中 AFT 是一项世界性难题,目前还没有根本的解决办法。因此,了解花生 AFT 污染特点,掌握黄曲霉毒素对花生主要侵染途径,探讨花生 AFT 的防控技术对促进花生产业健康发展具有重要意义。

## 1 花生黄曲霉毒素污染现状与特点

黄曲霉毒素(AFT)是由黄曲霉或寄生曲霉产生的次生代谢产物,农产品中 AFT 主要以 B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>、G<sub>1</sub>、G<sub>2</sub> 4 种形式存在。产生 AFT 污染的农产品种类多,包括花生、玉米、麦类、豆类、坚果类等。其中,花生 AFT 发生率最高,平均发生率达 84.0%,B<sub>1</sub> 含量在 1~8 000 μg/kg 的范围内。由于不同国家的气候、土壤等自然条件存在一定差异,花生生产农艺、贮藏与加工条件等方面也不尽相同,以及受 AFT 检测能力差异等

多种因素影响,不同国家 AFT 污染率和污染程度均不尽相同。而且花生各种产品中均会产生 AFT,有研究表明,花生酱、花生粉、花生糖等加工制品的 AFT 检出率明显高于带壳花生和花生仁等原料<sup>[3]</sup>。

我国是花生 AFT 污染较严重的国家。以带壳花生为例:中国农业科学院油料作物研究所丁小霞对 2009 和 2010 年 2 年的花生进行了抽样检查,结果显示,全国花生中 AFT B<sub>1</sub> 检出率 21.7%,平均含量为 6.82 μg/kg,最大值为 743.41 μg/kg;总黄曲霉毒素平均含量为 40.34 μg/kg,最大值为 5 271.41 μg/kg,大大超出了中国国家限量标准 20 μg/kg<sup>[4]</sup>。中国疾病预防控制中心营养与食品安全所高秀芬等对吉林、河南、湖北、四川、广东、广西等花生产区黄曲霉毒素污染进行调查分析,研究发现 6 个地区花生 AFT 污染较普遍,污染率接近 60%,污染程度也较高,平均浓度为 91.74 μg/kg<sup>[5]</sup>;我国台湾地区花生 AFT 检出率为 7.8%,平均浓度为 14.9 μg/kg,台湾设定的 AFT 标准限为 15 μg/kg<sup>[3]</sup>。

另一项调查结果显示,我国花生及其制品的 AFT 污染现象不仅非常普遍,而且各区域之间存在较大差异,总的表现为从北到南 AFT 污染逐渐加重,华中地区花生产区受黄曲霉污染程度较轻,长江流域和南方地区受 AFT 污染普遍较重<sup>[5-9]</sup>。北方黄曲霉污染主要发生在花生收获、储藏以及脱壳加工过程,南方受黄曲霉的污染主要发生在生产环节,主要原因是由于我国北方、南方温度的差异,南方地区高温高湿、梅雨季节持续时间长,有利于黄曲霉在花生上生长,并产生 AFT。

在全球范围内,花生 AFT 污染也是一个普遍性的问题。印度花生 AFT 发生率 45%,含量范围为 5~833 μg/kg;巴西花生 AFT 发生率为 51%,含量范围 43~1 099 μg/kg;刚果民主共和国花生 AFT 发生率 72%,含量范围为 1.5~937 μg/kg。花生一旦受到黄曲霉及其毒素的污染就会造成大面积减产,给生产国和出口国造成巨大的经济损失,同时严重威胁着人类和动物的健康。有数据显示,全球花生每年因 AFT 污染而造成的贸易损失高达 12 亿美元,非洲年损失约 4.5 亿美元,美国花生工业每年损失也超过 2 000 万美元<sup>[10-11]</sup>。

为了保证食品安全,降低 AFT 对人类的危害,很多国家都对花生及其制品中的 AFT 做出了严格的限量规定。其中欧盟的限定标准最为严格,要求花生中 B<sub>1</sub> 最高限量为 2 μg/kg, B<sub>1</sub>、

收稿日期:2014-03-26

基金项目:国家公益性行业(农业)科研专项(编号:201203037)

作者简介:王海鸥(1978—),男,安徽桐城人,博士,副教授,主要从事农产品加工技术与装备研究。Tel: (025) 86178264; E-mail: who1978@163.com。

B<sub>2</sub>、G<sub>1</sub>、G<sub>2</sub> 4 种 AFT 总最高限量为 4 μg/kg; 日本 AFT 总最高限量为 10 μg/kg; 我国台湾 AFT 总最高限量为 15 μg/kg; 美国、中国、肯尼亚等一些国家的 AFT 总最高限量为 20 μg/kg, 印度花生中 B<sub>1</sub> 最高限量为 30 μg/kg。

## 2 花生黄曲霉侵染和产毒影响因素

### 2.1 黄曲霉菌生长和产毒的适宜条件

黄曲霉毒素是黄曲霉/寄生曲霉、寄主(基质)和环境条件三者相互作用的产物。黄曲霉在自然界中广泛分布在土壤、空气和农作物上,是最常见的真菌之一。只要有适当的生长条件与合适的寄主,黄曲霉菌的孢子便会萌发、生长并且能大量繁殖,进而产生 AFT。黄曲霉生长和产毒需要的条件并不严格,其中生长的适当温度为 8~42 ℃、pH 值为 2~11,产毒的适当温度为 12~40 ℃、pH 值为 3~8<sup>[2]</sup>。由于花生生长与其他农作物有所不同,即花生荚果在地下发育成熟,却在地上开花、受精,这就增加了花生荚果与土壤微生物的接触时间,使其更易受到黄曲霉菌的侵染。在花生种植、收获、晾晒、储运、加工等环节均可能受黄曲霉侵染并产生毒素,根据黄曲霉对花生侵染时间和产毒时间的不同可分为收获前侵染(土壤中发育荚果受黄曲霉侵染并产毒)和收获后侵染(在储藏和加工过程受黄曲霉侵染并产毒),其感染率受环境因素和花生本身含水量不同而不同,花生种子含水量在 15%~30% 区间内时黄曲霉菌繁殖速度最快,是受 AFT 侵染的高危期。

### 2.2 收获前 AFT 侵染主要影响因素

2.2.1 花生品种抗性 花生 AFT 污染程度与栽培品种的抗性有关。通常认为花生对 AFT 侵染抗性有 2 种:(1)抗黄曲霉侵染:黄曲霉菌株在具有这种抗性的花生上很难萌发生长;(2)抗黄曲霉产毒:即黄曲霉菌株侵染花生后抑制 AFT 的产生。花生种子对黄曲霉菌株的侵染抗性和产毒抗性都有降低 AFT 污染的作用。从 1960 年开始,印度国际半干旱研究所就对花生抗黄曲霉的种质进行了鉴定,并进行花生抗性育种的研究,得到了一批抗性花生种质<sup>[4]</sup>。近年来,在花生品种 AFT 抗性鉴定、抗性育种及相关的研究报道也越来越多<sup>[11]</sup>。

2.2.2 种植土壤 土壤本身就含有大量黄曲霉菌,在花生种植土壤中能产生毒素的真菌的含量与花生收获前花生 AFT 含量呈正相关。研究表明,花生黄曲霉感染与土壤的类型有关,变性土壤比淋溶性土壤的感染少;黄曲霉菌孢子在沙土中传播和萌发速度高于其他土壤类型,而且沙土保水性差,农作物在生长期易发生干旱,因此沙土地农作物收获前 AFT 污染的风险高;缺钙严重的土壤会影响花生果壳中果胶钙的积累,花生果壳组织变松,易产生烂果,被黄曲霉菌侵染<sup>[12-13]</sup>。土壤受 AFT 污染会引起土壤毒化,土壤功能受到损害,理化性质变坏,微生物的生命活动受限,肥力下降,土壤利用率降低,农作物生长发育不良,造成减产。

2.2.3 花生生育后期干旱和高温胁迫 花生生育后期受干旱和高温胁迫是影响 AFT 侵染的主要因素。在收获前 4~6 周,如果遇到干旱环境,花生种子内的 AFT 含量将提高 10~30 倍。花生种子能合成一种植物抗毒素“反二苯带乙烯”,具有抵抗黄曲霉侵染和产生毒素的作用。当花生种子内水分含量高时,一旦遇到黄曲霉菌侵染,花生种子就能产生这种抗生素,不会受到 AFT 污染。但在干旱环境下,土壤温度较高,花

生种子含水量较低(15%~30%)时,其代谢活动减弱,反二苯带乙烯合成受到抑制或停止,黄曲霉菌就能正常生长和产生毒素,进而对花生产生污染。花生收获前 30~50 d,黄曲霉菌侵染花生荚果的最佳温度是 28~30.5 ℃,污染率达 25%~70%。干旱程度与黄曲霉的感染率和产毒率成正比,即干旱越严重,黄曲霉的感染率和产毒率越高;但是如果干旱继续加剧,花生种子内的含水量将继续下降,黄曲霉菌也无法生长,此时已经侵染花生的黄曲霉菌也不能产生毒素<sup>[2]</sup>。

2.2.4 病虫害影响 地下害虫的啃咬和其他病害的感染均有可能加重 AFT 污染程度。地下害虫(如千足虫、螟虫、蛴螬等)侵袭花生荚果后,形成伤口,给黄曲霉感染创造了条件,同时地下害虫还会将携带的曲霉菌株直接传给花生,因此受地下害虫啃咬的花生荚果中 AFT 含量一般较高。另外,感染真菌病害(如锈病、叶斑病等)而枯死植株的荚果,尤其是在结荚期枯死植株的荚果黄曲霉污染率较高,某些病毒病(如花生芽枯病毒病、丛枝病毒病等)也会增加花生中黄曲霉污染。

2.2.5 花生成熟度与收获时间 适时收获的花生黄曲霉感染少,延迟收获的花生黄曲霉感染率要高出 20%~30%。花生荚果的成熟度不同,黄曲霉感染的几率不同,过熟荚果比成熟或未成熟荚果黄曲霉污染率高,特别是含水量低于 30% 的荚果很容易被黄曲霉污染<sup>[14]</sup>。花生籽粒大小也会影响花生中黄曲霉的污染程度,通常小荚果的污染率比大荚果高<sup>[15]</sup>。

### 2.3 影响收获后 AFT 侵染的主要因素

2.3.1 花生收获及采后处理过程中的机械损伤 在花生挖掘收获、摘果、晾晒、脱壳等过程中,由于作业方式不当,会造成花生荚果破损、裂荚、种仁破损等损伤,为黄曲霉菌侵入、生长创造条件,黄曲霉菌易从伤口污染,继而迅速扩散至整个籽粒并产生 AFT,增加了 AFT 污染的概率。

2.3.2 花生收获后干燥不及时或不充分 花生收获后不及时干燥或者干燥不彻底,也是花生收获后 AFT 侵染的重要原因。通常花生水活度 AW 超过 0.70(25 ℃),易受黄曲霉侵染,水活度越高,受黄曲霉菌侵染程度越高,AFT 的污染程度也越高。刚收获的花生,荚果水分为 45%~55%,水活度超过 0.70,非常有利于黄曲霉菌的侵染、生长,如不能及时干燥至安全水活度,就会导致黄曲霉菌侵染、生长、产毒。花生干燥期间,当荚果含水量降到 20%~30%,就停止产生抗毒素“反二苯带乙烯”,花生荚果不具备对 AFT 的天然抗性,最容易受到黄曲霉菌的侵染,因此花生干燥速度对 AFT 污染的产生至关重要。对于依靠晒场晾晒的花生,一旦遇到阴雨天气,常因干燥不及时、干燥不充分而造成大量花生霉变损失。

2.3.3 花生贮藏条件 贮藏条件对花生感染 AFT 的影响也非常重要。花生受黄曲霉菌的侵染与贮藏环境温湿度、储存时间、病虫害及环境中氧气含量有关。荚果入贮时病、残、破损和秕果的数量越多,黄曲霉菌侵染概率就会越大;此外,若孳生储粮害虫,会损害花生,导致黄曲霉菌的侵染、产毒。花生荚果容易吸收空气中的水分而回潮,当含水量高于 9%,会大大增加感染 AFT 的概率。贮藏温度超过 20 ℃时,黄曲霉菌繁殖速度加快,感染毒素机会大大增加。贮藏场所相对湿度越高、温度越高,AFT 污染越严重。花生贮藏期间,空气相对湿度应保持在 55%~65%,既能保持花生品质,又能防止黄曲霉菌的生长。贮藏时间过长花生自身对黄曲霉菌的抵抗

力下降,受 AFT 污染的机会越大。黄曲霉菌是好氧微生物,在厌氧条件下,黄曲霉菌的生长和孢子的形成都受到抑制。

2.3.4 花生加工过程中黄曲霉毒素产生影响因素 目前花生可以加工制成花生粉、花生糖、花生酱、花生油、花生米等食品,不同花生制品的加工工艺和产品自身的品质特性均存在较大差异,AFT 污染程度也不同。台湾学者曾对台湾市场上一些花生制品的 AFT 进行了 14 年的跟踪调查,发现花生加工制品的 AFT 检出率明显高于花生原料,AFT 检出率由大到小依次为花生酱 > 花生粉 > 花生糖 > 糖浆 > 花生原料<sup>[3]</sup>。也有研究表明,花生脱壳和去红衣等初加工能有效地减少花生 AFT 的含量水平。

### 3 花生黄曲霉毒素防控技术与措施

#### 3.1 花生抗性品种培育和筛选

培育、筛选抗黄曲霉的花生品种,是防控花生 AFT 污染的有效方法之一,然而到目前为止,国际上应用于生产的抗黄曲霉花生品种还很少。大量的研究表明,提高花生的抗旱性、抗病性和抗虫性,能有效降低收获前 AFT 污染程度。但是迄今发掘和培育的抗黄曲霉菌花生品种还不足以完全克服 AFT 污染。在我国,抗黄曲霉菌侵染的花生种质基本来自南方地区,来源于北方地区的花生种质侵染率均较高。美国农业部实施了抗旱性、抗黄曲霉的花生品种培育项目,研究抗花生 AFT 污染的相关因素,确定与抗旱和抗虫相关基因或标记,筛选鉴定抗性花生品种<sup>[11]</sup>。

#### 3.2 种植地块选择与土壤消毒、除虫处理

花生种植最好选择地势平坦、排灌条件良好、土层深厚、地力中等以上、钙含量高的沙壤土或轻沙壤土。种植时,与粮谷作物、薯类作物实行 2~3 年轮作。由于土壤中含有大量的病原菌和虫卵,因此要用石灰、硫酸铜等对土壤进行消毒处理,消灭土壤中的病菌和虫卵,降低花生生育期内直接来自土壤的黄曲霉侵染机会。地下害虫(以蝼蛄、蛴螬、线虫等为主)在花生收获前对黄曲霉感染有很大的影响,在花生生长后期,采取以防治蛴螬和线虫为主的地下害虫综合防治措施,将花生田地下害虫数量减少到最低水平。

#### 3.3 科学田间管理,防止生育后期干旱

中耕、除草、施肥等田间作业,要尽可能减少对花生根部、果针、荚果的损伤,要及早中耕,花生下针后不再中耕除草,防止人为损伤花生荚果。合理排灌,花生进入结荚期(收获前 30~50 d),避免在土壤温度较高的情况下排涝或灌水,防止荚果因温差过大而破裂。要防止生育后期干旱,收获前 3~5 周遇旱适当灌水,以防在干旱高温条件下,土壤失水变硬,花生荚果出现裂口,植物抗毒素合成能力下降,导致黄曲霉侵染。

#### 3.4 适时收获,减少花生收获、摘果带来的机械损伤

花生在收获前极易受到 AFT 感染,一般应在成熟期前后 1 周内收获,同时收获应该避开阴雨天。花生过熟收获,花生荚果易裂荚、裂种,黄曲霉菌污染加重。在干旱、高温季节,花生 AFT 污染风险高,及早收获能够显著降低 AFT 含量,并提高农户的种植总收入(农户种植收入受 AFT 污染程度、花生果仁质量等级及荚果产量等多种因素综合影响)。相反,在 AFT 污染风险小,雨水充裕的花生种植区域,过早收获会减少

产量,降低果仁质量等级,导致农户总收入明显减少。澳大利亚昆士兰州研制出基于网络的 AFT 决策支持系统 AFLO-MAN,已在澳大利亚花生生产中获得有效应用,通过该系统可以更加准确地预测花生收获时间,以使 AFT 风险最小化,种植总收入最大化。

机械收获作业要用适宜的作业方式,鲜株花生联合收获和鲜株摘果最好选用半喂入作业方式,摘果作业相对柔和,降低鲜嫩荚果的破损率和裂荚率,防止黄曲霉污染程度加重。对于花生田间挖掘-晾晒-干株摘果作业模式,花生带秧收获后,不能在田间放置时间过长,防止雨淋,并使荚果与土壤互不接触,有条件的地方最好在田间或晒场将果秧堆码成通风垛,以利迅速干燥降水。

#### 3.5 及时干燥至安全贮藏水分,改善花生仓储条件

无烘干设备和设施的情况下,刚采收的花生鲜果严禁堆放,应迅速摊开,快速晒干,使其水分含量在 1 周内降低至安全贮藏标准(8%~9%)。有烘干条件的,可利用干燥设施对花生荚果进行集中烘干处理,且需要采用适宜的干燥温度和降水速率,干燥温度过高、降水过快易产生裂荚、种子活性降低和品质下降等问题。达到烘干要求后,花生要以带壳方式在低温、干燥的条件下储藏,有条件的要采用气调(充二氧化碳、氮气)密闭储藏,同时要做好储粮害虫的防治工作。

#### 3.6 黄曲霉毒素去除技术与措施

而对于已经感染 AFT 的花生原料和花生制品,人们尝试利用一些物理、化学和生物处理法来进行脱毒处理,但与 AFT 产生前预防相比,产毒后处理成效低、成本高,并会对品质产生一定影响。(1)物理处理:花生入库储藏前需要对原料进行清选处理,清除泥土、茎叶、秕果、破损果、霉变果,有利于花生安全储存;花生脱壳加工处理中,要尽量将霉变粒、半粒、发芽粒、破损伤粒等分选出来,在实际生产中需要比重选、振动筛选、色选及人工手检等多道设备和工序来完成;对于污染 AFT 的饲料,可以采用添加沸石、膨润土、活性炭等吸附材料吸附去除部分 AFT;另外,采用红外辐射、紫外线、 $\gamma$  射线等辐射方法也可以去除 AFT,但也会破坏营养物质结构。(2)化学处理:氨处理法、 $\text{ClO}_2$  法、臭氧降解法等被用于 AFT 的脱毒处理。将霉变农产品装入密闭容器内,通入氨气达到一定浓度,保持一定时间,AFT 会发生裂解,达到脱毒目的,然后再脱氨处理。在欧美,氨处理法在饲料 AFT 脱毒处理中很常用,国内目前常采用常温、常压、不加湿的方法处理粮油作物,操作简便,脱毒效果好。(3)生物处理:主要利用微生物或其产生的酶进行脱毒处理,在自然界中,存在许多能去除或降解食品、饲料中 AFT 的微生物,如细菌、酵母菌、放线菌和藻类等。美国乔治亚州 COGI 公司研制出一种生物农药,利用生物竞争抑制的原理来防止黄曲霉菌侵染花生荚果,具体为:先制造出对黄曲霉具有竞争抑制作用的初始霉菌孢子,然后将其植入花生植株周边的土壤中,这些霉菌孢子在花生结果区大量繁殖,形成活体霉菌屏障来抵抗有毒的黄曲霉侵染花生荚果,达到田间生物防治 AFT 污染的作用。

### 4 结束语

花生 AFT 污染防控是一项世界性难题,已成为制约中国花生消费安全和产业发展的重大隐患。花生 AFT 侵染的影

汪琼,徐增莱,吕晔. 冬虫夏草及其混伪品的性状鉴定[J]. 江苏农业科学,2015,43(1):273-279.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.01.092

# 冬虫夏草及其混伪品的性状鉴定

汪琼,徐增莱,吕晔

(江苏省中国科学院植物研究所,江苏南京 210014)

**摘要:**采用性状鉴别法,观察虫草类的虫体及子座,从性状出发,对正品冬虫夏草及其混淆品的鉴别要点进行归纳区分。结果表明,冬虫夏草及其混淆品可从子座形态、虫体气门的排列方式以及虫体颜色、虫体胸腹之间消化道残迹的形状等特征来鉴定区分。

**关键词:**冬虫夏草;混伪品;性状鉴定

**中图分类号:** S567.3<sup>+</sup>50.37 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)01-0273-07

冬虫夏草为麦角菌科真菌冬虫夏草菌[*Cordyceps sinensis* (Berk.) Sacc.],寄生在蝙蝠蛾科昆虫幼虫上的子座及幼虫尸体的复合体中,具有补肺益肾、止血化痰的功效,是人们滋补身体、壮阳滋阴、延年益寿的佳品,也是传统出口药材的珍品。近年来,虫草野生资源逐年减少,需求量迅猛增长,诸多因素导致天然冬虫夏草的市场价格一路攀升。伪品冬虫夏草时有销售,不仅扰乱了市场正常的经济秩序,同时也给临床用药安全埋下隐患。作为贵重药材,冬虫夏草的性状鉴定历来受到重视<sup>[1-5]</sup>,但是作为一类多来源、产地广泛的药材,不同来源

的药材本身也有一定的差异。因此,本研究对来源于不同产地的虫草样本进行了性状鉴别,将冬虫夏草与其混淆品的来源分布及鉴别要点进行归纳总结,旨在为冬虫夏草的常规鉴别、合理开发应用提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

从产地、市场及其他渠道收集 12 个冬虫夏草样品进行鉴定。样品情况见表 1。

### 1.2 仪器

Nikon SMZ1000 体视显微镜观察, Nikon DS-Fi1c CCD 拍照。

### 1.3 方法

对 12 种虫草的虫体形状、大小、色泽、表面等特征进行鉴别,某些特征须采用实体显微镜观察。

收稿日期:2014-02-21

作者简介:汪琼(1971—),女,安徽桐城人,硕士,助理研究员,主要从事药用植物资源研究。Tel:(025)84347076;E-mail:wqjan2002@sina.com.cn。

通信作者:徐增莱,博士,研究员,主要从事药用植物资源研究。Tel:(025)84347027;E-mail:xuzl5194@sohu.com。

响因素错综复杂,各因素并非独立而是相互关联,通常,AFT 产生前采取预防措施有效、省时、省力、防控成本低,而毒素产生后再去毒则成效低、成本高且影响品质。花生 AFT 防控过程中,须要综合考虑花生生产各个环节,采取综合防控措施,来降低花生 AFT 污染率,提高产品质量。

## 参考文献:

- [1] 胡东青,庞国兴,张治宇,等. 出口花生黄曲霉毒素污染的预防与控制[J]. 花生学报,2011,40(1):36-38.
- [2] 李建辉. 花生中黄曲霉毒素的影响因子及脱毒技术研究[D]. 北京:中国农业科学院,2009.
- [3] Chen Y C, Liao C D, Lin H Y, et al. Survey of aflatoxin contamination in peanut products in Taiwan from 1997 to 2011[J]. Journal of Food and Drug Analysis, 2013, 21(3): 247-252.
- [4] 丁小霞. 中国产后花生黄曲霉毒素污染与风险评估方法研究[D]. 北京:中国农业科学院,2011.
- [5] 高秀芬,荫士安,计融. 中国部分地区花生中 4 种黄曲霉毒素污染调查[J]. 中国公共卫生,2011,27(5):541-542.
- [6] 李晓岚,李炎,侯天亮,等. 辽宁花生黄曲霉毒素污染水平及分布[J]. 检验检疫学刊,2009,19(4):55-57.

- [7] 庞国兴,丁雷霞,姜军,等. 青岛地区花生种植地黄曲霉毒素污染调查分析[J]. 检验检疫科学,2008,18(2):64-65.
- [8] 孙秀山,单世华,王传堂,等. 山东花生黄曲霉毒素污染情况调查初报[J]. 山东农业科学,2006(5):57-58.
- [9] 臧秀旺,张新友,汤丰收,等. 河南省花生黄曲霉毒素污染研究初报[J]. 河南农业科学,2008(12):59-60.
- [10] Mutegei C, Wagacha M, Kimani J, et al. Incidence of aflatoxin in peanuts (*Arachis hypogaea* Linnaeus) from markets in Western, Nyanza and Nairobi Provinces of Kenya and related market traits[J]. Journal of Stored Products Research, 2013, 52(52): 118-127.
- [11] Holbrook C C, Guo B Z, Wilson D M, et al. The U. S. breeding program to develop peanut with drought tolerance and reduced aflatoxin contamination[J]. Peanut Science, 2009(36): 50-53.
- [12] 李新国,万书波. 钙对花生生长发育调控的研究进展[J]. 山东农业科学,2011(8):65-67,74.
- [13] 熊路,曾红远,吴佳宝,等. 花生钙素营养研究进展[J]. 中国农学通报,2012,28(12):13-17.
- [14] 张建成,江晨,李双铃,等. 花生黄曲霉毒素污染状况及防控技术[J]. 作物杂志,2006(1):67-68.
- [15] 贺立红,宾金华. 花生黄曲霉防治的研究进展[J]. 种子,2004,23(12):39-45.