

# 玉米等主要作物真菌毒素、限量标准与调控技术

李 刚, 杨粉团, 曹庆军, 姜晓莉

(吉林省农业科学院, 长春 130033)

**摘 要:**玉米等主要作物在田间生长、收获、贮藏等各个环节极易受到病原致病微生物的侵染。真菌毒素是真菌产生的次级代谢产物,会在作物籽粒内部大量积累,某些毒素具有急性或慢性毒性,不仅造成巨大经济损失,也会通过食物链传播对人和牲畜的健康造成极大危害。世界各国都积极制定各种标准来控制真菌毒素在作物及其制品中的污染水平。本文对我国玉米等主要作物中真菌毒素的现行限量标准与国外相应的标准进行对比分析,对该领域目前存在问题及今后开展调控技术研究方向进行了探讨。

**关键词:**玉米;真菌毒素;标准;调控技术

中图分类号:TS210.7

文献标识码:A

文章编号:1003-8701(2017)06-0049-04

## Standards of the Maximum Residue Levels for Mycotoxins in Crops and Crops Products and Regulation Technology

LI Gang, YANG Fentuan, CAO Qingjun, JIANG Xiaoli

(Jilin Academy of Agricultural Science, Changchun 130033, China)

**Abstract:** Maize and other crops are easy to be damaged and decay triggered by pathogen infection during growth, harvesting, storage, and transportation. Mycotoxins are secondary metabolites produced. Some mycotoxins have acute or chronic toxicity which not only result in huge economic losses, but also have brought great threaten to animals and humans through the transmission of food chains. Therefore, many countries have established regulations on maximum residue levels for mycotoxins in crops and crops products. This review summarized the present domestic and international existing standards of the maximum residue levels for crops mycotoxins, compared and analyzed the existing main mycotoxin standards in crops and crops products. Problems on this issue and study direction of regulation technology in the future was also discussed.

**Key words:** Maize; Mycotoxins; Standards; Regulation technology

真菌毒素(mycotoxins)是某些真菌产生的次级代谢产物<sup>[1]</sup>,不仅造成原粮减产和品质降低,对食用被真菌毒素污染食品和饲料的人畜也会造成很大危害<sup>[2]</sup>。目前,玉米等主要作物真菌毒素研究远不能满足政府监管、产业发展和公众消费的需求。因此,重点开展玉米等主要作物真菌毒素发生与调控技术研究具有重要的理论与实践意义。

## 1 主要真菌毒素的种类、污染及其毒性

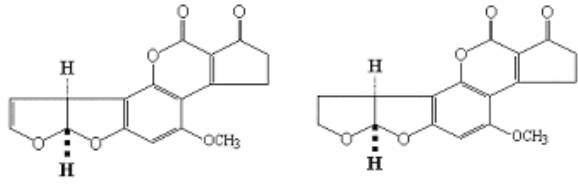
收稿日期:2017-09-21

基金项目:吉林省农业科技创新工程项目(CXGC2017TD011);国家科技支撑计划课题(2013BAD07B02)

作者简介:李 刚(1963-),男,研究员,博士,主要从事作物高产栽培与农产品质量安全生产研究。

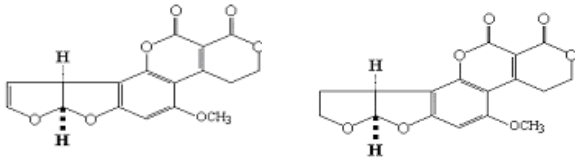
### 1.1 黄曲霉素

黄曲霉素是由曲霉属的黄曲霉(*Aspergillus flavus*)和寄生曲霉(*A. parasiticus*)等产生的次级代谢产物<sup>[3]</sup>,被国际癌症组织(IARC)确定为一级致癌真菌毒素<sup>[4]</sup>。广泛存在于玉米、花生等及其制品中,影响动物生产性能,降低饲料转化效率,减少产肉量、产蛋量和产奶量,增加动物发病率和死亡率,给畜牧业造成巨大的经济损失。另外,黄曲霉毒素通过肉、蛋、奶食物链传递给人类,严重威胁人类健康<sup>[5]</sup>。目前发现存在于玉米中的主要有黄曲霉毒素 B<sub>1</sub>、黄曲霉毒素 B<sub>2</sub>、黄曲霉毒素 G<sub>1</sub>和黄曲霉毒素 G<sub>2</sub> 4 种<sup>[3]</sup>,其中黄曲霉毒素 B<sub>1</sub>的致癌性最强。



黄曲霉毒素 B<sub>1</sub>

黄曲霉毒素 B<sub>2</sub>

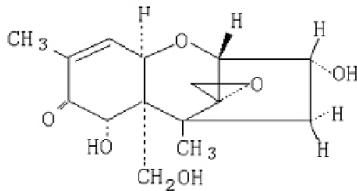


黄曲霉毒素 G<sub>1</sub>

黄曲霉毒素 G<sub>2</sub>

### 1.2 脱氧雪腐镰刀菌烯醇

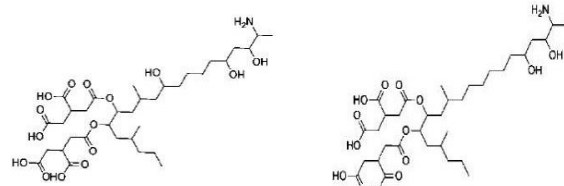
脱氧雪腐镰刀菌烯醇因能引起动物呕吐,故又称呕吐毒素,主要是由镰刀菌产生的单端孢族化合物中的一种,属于B类单端孢霉烯族毒素,是一种有毒次级代谢产物。呕吐毒素虽然毒性较低,但极易发生中毒现象,广泛存在于玉米、小麦等粮食作物中,化学性能非常稳定,一般不在加工、储存以及烹调过程中被破坏<sup>[6]</sup>。



脱氧雪腐镰刀菌烯醇

### 1.3 伏马毒素

伏马毒素主要是由串珠镰刀菌 (*Fusarium moniliforme*)产生的一类真菌毒素,其中伏马毒素 B<sub>1</sub>是毒性最强的一种。伏马毒素除主要存在于玉米及其制品中,在大米、小麦、啤酒、牛奶和饲料等农产品及其加工品中也有一定浓度的存在<sup>[7]</sup>。

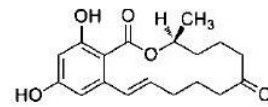


伏马毒素 B<sub>1</sub>

伏马毒素 B<sub>2</sub>

### 1.4 玉米赤霉烯酮

玉米赤霉烯酮又称为F-2毒素,是一种霉菌毒素,是由镰刀菌属的三线镰刀菌 (*F. tricinatum*)和禾谷镰刀菌 (*F. graminearum*)等产生的具有类雌性激素作用的真菌毒素,主要污染玉米、小麦、大麦等农作物和动物饲料<sup>[8]</sup>。



玉米赤霉烯酮

## 2 真菌毒素限量标准

为保护消费者健康,许多国家和国际组织均制定了作物及相关产品中真菌毒素的限量标准。国际组织和各国关于作物及相关产品中真菌毒素的限量标准见表1。

表1 国际组织和我国制定的作物及产品中真菌毒素限量标准<sup>[9-13]</sup>

序号	国家/地区	作物及产品	毒素种类	限量(μg/kg)
1	欧盟(2006年)	玉米	伏马毒素	4000
			赤霉烯酮	350
		玉米和玉米制品(直接食用)	伏马毒素	1000
		谷物制成的婴儿食品、玉米制成的婴儿食品	赤霉烯酮	20
		玉米、大米、果仁及各类香料	黄曲霉毒素 B <sub>1</sub>	5
		硬质小麦、燕麦、玉米	呕吐毒素	1750
		谷物及其制品	赤霉烯酮	60
		玉米及其制品	黄曲霉毒素 B <sub>1</sub>	20
2	中国(2017年)	谷物	呕吐毒素	1000
			赤霉烯酮	60
		脱氧雪腐镰刀菌烯醇	1000	
		谷物	赭曲霉毒素 A	5.0
		稻谷、糙米、大米	黄曲霉毒素 B <sub>1</sub>	10

续表 1

序号	国家/地区	作物及产品	毒素种类	限量( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )
2	中国(2017年)	豆类及其制品	黄曲霉毒素 B <sub>1</sub>	5.0
		小麦、大麦、其他谷物	黄曲霉毒素 B <sub>1</sub>	5.0
3	美国(2001年)	食用玉米	伏马毒素	2000
4	国际食品法典 标准(2015年)	小麦、玉米或大麦制成的面粉、粗粉、 粗粒面粉和面片	脱氧雪腐镰刀菌烯醇	1000
		未加工玉米粒	伏马菌素	4000
		小麦、大麦和黑麦	赭曲霉毒素 A	5.0

制定作物及相关产品中真菌毒素限量标准的首要目的是保障食品原料的安全,确保消费者健康;其次,作为国际贸易中设立技术壁垒杠杆工具,为我国争取公平的国际贸易活动创造有利的条件。相比美国、欧盟和国际组织,我国标准尚有进一步完善的地方。

### 3 真菌毒素污染控制技术

#### 3.1 选育与应用抗病虫害的新品种

筛选抗性品种和抗性种质资源创制可为抗性品种选育和推广创造有利条件,选育优良抗病品种是防治玉米穗腐病的重要措施。目前,国内外对玉米穗腐病的致病菌进行了较为详细的研究,建立了4种玉米抗穗腐病鉴定方法,即双牙签接种法、花丝喷雾法、花丝通道注射法和针刺果穗注射法。从数千份玉米种质资源中筛选出一批抗拟轮枝镰孢、禾谷镰孢或黄曲霉穗腐病的材料;创制10余份抗穗腐病种质,育成少数对穗腐病具有较好抗性的玉米新品种。尽管如此,抗性研究和抗病育种成果用于生产实践的事例仍很少,生产上缺乏抗穗腐病且高产优质的玉米品种<sup>[14]</sup>。

玉米对黄曲霉的抗性遗传主要是受母体细胞核遗传体系多基因控制,但细胞质对抗性也有影响,开展抗黄曲霉的育种工作还需加强抗原的鉴定与筛选工作,在此基础上,再通过轮回选择的方法有可能会收到较好的效果<sup>[15]</sup>。由于伏马毒素、黄曲霉毒素、脱氧雪腐镰刀菌烯醇和玉米赤霉烯酮等真菌毒素是穗腐病菌产生的对人畜健康具有极大威胁的有害物质,因此,可通过对大量的玉米种质的多病菌接种,有望筛选出具有抗多种穗腐病特性的材料,加强玉米抗毒素种质资源创新,采用单倍体技术加快培育新品种,选用抗产真菌毒素的新品种是控制作物真菌毒素污染最有效措施之一。

#### 3.2 栽培技术

随着玉米品种的多样性、栽培措施的改变和种植密度的增加等为穗腐病的发生和流行创造了有利的环境条件,穗腐病的发生和危害也越发严重<sup>[16]</sup>。穗腐病由多种真菌引起,其中镰孢菌是主要致病菌,以拟轮生镰孢菌(*F. verticillioides*)、层出镰孢菌(*F. proliferatum*)和禾谷镰孢菌(*F. graminearum*)危害最为普遍和严重,并且这3种镰孢菌均能产生真菌毒素<sup>[16]</sup>。

收获后土壤环境中残留的孢子较多,玉米连作也易感镰刀菌,采取“玉米-大豆”轮作模式可以减少污染风险。

结合不同生态区自然资源的差异性,合理配置作物品种,采用与区域田间条件相符的耕作方式,平衡施肥,构建合理的群体,优化作物生产布局,减少穗腐病等病害的发生,可减少真菌毒素产生,降低对作物籽粒质量影响的风险。

#### 3.3 虫害防治

种植过程中造成污染主要是由于玉米成熟期病虫害的发生,虫口玉米易被真菌毒素污染<sup>[10]</sup>。玉米螟与玉米穗腐病复合侵染造成玉米籽粒明显减少、霉变加重<sup>[17]</sup>。玉米螟为害可以明显加重玉米穗腐病的发生,无论春播还是夏播玉米,接虫处理和复合处理的玉米穗腐病的发病程度显著或极显著重于单独接菌处理和对照,而且相应地增加霉菌毒素在玉米籽粒中的积累<sup>[18]</sup>。玉米螟主要危害玉米的茎部和穗轴,不仅会造成玉米产量降低,还会致使质量下降<sup>[10]</sup>。因此,采取各种措施将作物田间的害虫数量减少到最低水平,采用新型、低毒、高效农药或放赤眼蜂等生物防控技术是控制玉米螟的危害,减轻玉米穗腐病发生尤其是减少真菌毒素的重要措施之一。

#### 3.4 适时收获

玉米是重要的粮食、饲料和工业原料<sup>[19]</sup>,籽粒含水率是影响玉米机械收获质量、安全贮藏和经济效益的关键因素。收获时籽粒含水率对玉米收

获、烘干、贮藏、运输和加工利用影响极大,含水率过高常使玉米种植者和经营者遭受经济损失,降低经济效益,还易引起籽粒霉变,影响玉米品质<sup>[20]</sup>。黄淮海夏玉米生理成熟后田间站秆晾晒脱水期间,籽粒含水率显著下降,而籽粒重量并未发生显著变化,延期收获降低了籽粒含水率,并且不会因粒重下降造成产量损失<sup>[21]</sup>,在玉米主产区东北、华北和黄淮海地区的多点试验,适时晚收具有明显的增产效果<sup>[22]</sup>。收获时,如果籽粒含水高,尤其是遇到阴雨天气,收获的玉米不能及时晒干,会加重真菌毒素的产生。特别是有的地方机械收获条件差,采取人工剥皮方式,收获的玉米一般直接堆放于地面,堆大倒堆不及时,不利于散热,也会加重真菌毒素的产生。因此适时晚收既可降低玉米籽粒含水率,减少机收破损,又有一定的增产效果,更重要的是减少籽粒霉变、降低真菌毒素发生风险的有效措施之一。

#### 参考文献:

- [1] 孙娟,李为喜,张妍,等.用超高效液相色谱串联质谱法同时测定谷物中12种真菌毒素[J].作物学报,2014,40(4):691-701.
- [2] 赵久然,刘月娥.玉米及其制品质量安全风险及控制[J].食品科学技术学报,2016,34(4):12-17,25.
- [3] 高秀芬,杨大进,计融.玉米中四种黄曲霉毒素的关系[J].中国预防医学杂志,2013,14(10):759-762.
- [4] 王后苗,廖伯寿.农作物收获前黄曲霉毒素污染与控制措施[J].作物学报,2012,38(1):1-9.
- [5] 计成,贾如,赵丽红.基因工程技术在黄曲霉毒素生物降解中的应用[J].中国农业科学,2017,50(17):3422-3428.
- [6] 王晓云.2005年中国六省玉米中脱氧雪腐镰刀菌烯醇的污染调查[D].长春:吉林大学,2006.
- [7] 王红旗,王俊艳,洪慧杰,等.伏马毒素B<sub>1</sub>核酸适配体链置换探针的筛选及应用[J].农产品质量与安全,2017(1):44-48.
- [8] 韩薇,缪德年,赵志辉.玉米赤霉烯酮对BHK细胞毒性作用的研究[J].上海农业学报,2013,29(6):44-48.
- [9] GB 2761—2017,中华人民共和国国家标准—食品安全国家标准 食品中真菌毒素限量[S].
- [10] 王燕,李增梅,董燕婕,等.真菌毒素对玉米质量安全的影响研究[J].农产品质量与安全,2015(3):58-62.
- [11] Commission Regulation (EU) No 165/201. Amending regulation (EC) No 1881/2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs as regards aflatoxins[J]. Official Journal of the European Union, 2010, 53: 8-12.
- [12] 国际食品法典标准,食品和饲料中污染物和毒素通用标准[S/OL]. CODEX STAN 193-1995(2015年修订),[2017-09-06].<http://www.sda.gov.cn/WS01/CL1923/169162.html>.
- [13] 刘青,邹志飞,余扬扬,等.食品中真菌毒素法规标准概述[J].中国酿造,2017,36(1):12-18.
- [14] 段灿星,王晓鸣,宋风景,等.玉米抗穗腐病研究进展[J].中国农业科学,2015,48(11):2152-2164.
- [15] 邓德祥,盖钧镒,秦泰辰,等.玉米对黄曲霉菌抗性的遗传控制[J].作物学报,2000,26(6):731-736.
- [16] 郭聪聪,付萌,庞民好,等.杀菌剂对玉米穗腐病菌的毒力及毒素产生的影响[J].植物保护学报,2015,42(6):1036-1043.
- [17] 宋立秋,魏利民,王振营,等.亚洲玉米螟与串珠镰孢菌复合侵染对玉米产量损失的影响[J].植物保护学报,2009,36(6):487-490.
- [18] 成卓敏.农业生物灾害预防与控制研究[M].北京:中国农业科学技术出版社,2005:411.
- [19] 杨粉团,姜晓莉,曹庆军,等.种植密度对松玉419群体生理特性的影响[J].东北农业科学,2016,41(5):1-4.
- [20] 王克如,李少昆.玉米籽粒脱水速率影响因素分析[J].中国农业科学,2017,50(11):2027-2035.
- [21] 李璐璐,王克如,谢瑞芝,等.玉米生理成熟后田间脱水期间的籽粒重量与含水率变化[J].中国农业科学,2017,50(11):2052-2060.
- [22] 刘月娥,谢瑞芝,张厚宝,等.不同生态区玉米适时晚收增产效果[J].中国农业科学,2010,43(13):2820-2828.

(责任编辑:王昱)