

# 我国玉米生物毒素污染现状及预防措施

兰静<sup>1,2</sup>, 赵琳<sup>1,2</sup>, 孙向东<sup>1,2</sup>, 王冰<sup>1,2</sup>, 张瑞英<sup>1,2\*</sup>

(1. 黑龙江省农业科学院农产品质量安全研究所, 黑龙江哈尔滨 150086;

2. 农业农村部农产品质量安全风险评估实验室(哈尔滨), 黑龙江哈尔滨 150086)

**摘要** 在特定的温湿度环境条件下, 霉菌易产生霉菌毒素。玉米在生长、收获、储藏、运输等环节均易感染霉菌, 污染的玉米常常含有超过一种生物毒素。霉菌毒素是引起玉米霉变的主要风险因子, 我国玉米饲料存在多种霉菌毒素污染隐患。介绍了玉米生物毒素污染产生原因和类型, 并提出了预防玉米生物毒素产生的措施, 以降低玉米和玉米饲料霉菌感染的程度。

**关键词** 玉米; 生物毒素; 污染; 预防措施

**中图分类号** TS201.6 **文献标识码** A

**文章编号** 0517-6611(2019)19-0183-03

**doi**:10.3969/j.issn.0517-6611.2019.19.053



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

## Current Situation and Preventive Measures of Mycotoxin Contamination of Maize in China

LAN Jing<sup>1,2</sup>, ZHAO Lin<sup>1,2</sup>, SUN Xiang-dong<sup>1,2</sup> et al (1. Agricultural Products Quality and Safety Research Institute, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin, Heilongjiang 150086; 2. Agricultural Products Quality and Safety Risk Assessment Laboratory (Harbin), Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Harbin, Heilongjiang 150086)

**Abstract** Under the condition of specific temperature and humidity, mold is prone to produce mycotoxins. Maize is prone to be infected by mold during growth, harvest, storage and transportation, etc. Mold contaminated maize often contains more than one kind of toxin. Mold toxin is the main risk factor of corn mildew. Multiple mycotoxins contamination risk exists in corn feed in China. The causes and types of maize mycotoxin pollution were introduced, and measures to prevent the production of maize mycotoxin were proposed, in order to reduce the extent of fungal infection in maize and maize feed.

**Key words** Maize; Mycotoxin; Pollution; Preventive measure

2017年我国玉米总产量约为21 589万t,居粮食作物之首。饲料消费占60%左右,80%~90%玉米消费与人和动物有关,因此玉米质量安全至关重要。

玉米作物真菌毒素问题首次由印度 Bilgrami 提出<sup>[1]</sup>。玉米属于不耐储品种,在储藏期间会受到各种微生物特别是霉菌的危害,霉菌感染粮谷作物后,在高温高湿的环境下生长旺盛,分泌的毒素对人体有很强的致癌作用。Lichtwardt 等<sup>[2]</sup>对储粮真菌进行了调查和分类,得出危害玉米的主要微生物是霉菌,发现灰绿曲霉和白曲霉是引起储粮劣变的主要真菌。Ayerst 等<sup>[3]</sup>研究了主要储粮真菌的生长条件,得出多数霉菌生长的最适温度是25~30℃,繁殖所需最低含水量一般为13%~18%。唐芳等<sup>[4]</sup>采用孢子计数法检测,当玉米水分含量在16%以下时,灰绿曲霉是优势菌,当水分含量高于16%时,灰绿曲霉生长缓慢,被其他菌所替代;白曲霉在低水分区分区生长缓慢,在17%~18%水分时为优势菌。

霉菌毒素污染是全球性的,北美及东亚是真菌毒素污染最严重的区域。全球72个国家的18 757个农产品样品受到霉菌毒素污染,我国除T-2毒素外,呕吐毒素、玉米赤霉烯酮、黄曲霉毒素、伏马毒素、赭曲霉毒素等检出率均超过25%,混合污染是主要形式<sup>[5]</sup>。开展玉米中真菌毒素产生条件、发生规律、含量水平的研究并建立相应的控制体系和措施,逐步实现从田间到餐桌的全过程质量监控,对保障农民增收、企业增效及玉米产业健康持续发展具有重要意义。

## 1 玉米生物毒素污染产生原因

### 1.1 玉米生长期的生物毒素污染

**1.1.1 穗腐病与玉米生物毒素含量间关系。**穗腐病是发生在玉米生长后期的主要病害之一,引起玉米穗腐病的病原菌有20余种,各国或各地报道的优势种类不完全相同。玉米穗腐病的发生受多种因素控制,通常早熟品种发病重于中晚熟品种;相同条件下,春播玉米发病率高于夏播玉米,而且春玉米播期越早发病越重。玉米乳熟期—蜡熟期是玉米穗腐病发病的关键时期。玉米穗腐病发生程度与生长季降水量呈正相关,在相同害虫危害情况下,降水量高和相对湿度大更适合玉米穗腐病的发生。玉米田间感染生物毒素,在后期储藏过程中真菌毒素生长与活力不会降低<sup>[6]</sup>。

玉米穗腐病的病原真菌在适当条件下可以产生霉菌毒素,并在玉米籽粒中积累。不同的病原真菌产生的霉菌毒素种类不同,相同病原真菌有时亦能产生多种不同的霉菌毒素。病害发生程度的差异常会导致玉米籽粒中霉菌毒素积累量的差异。

病原菌可通过3种方式感染玉米穗,即种子、玉米须和由昆虫、鸟等引起的伤口<sup>[7]</sup>。镰孢菌穗腐病病原为串珠镰孢(刀)菌(*Fusarium moniliforme*)、层出镰孢菌(*Fusarium proliferatum*)和亚粘团镰孢霉(*Fusarium subglutinans*),是玉米生长过程中常见病害,肉眼可见白色或深灰色菌落,或者在籽粒之间可见粉色或三文鱼色物质。感染籽实变为灰色至棕色,或带有白色条纹。在各种温度和湿度条件下,这些霉菌都能够生长。已有研究表明,镰孢菌穗腐病在干燥的年份最严重,作物受害虫影响程度对镰孢菌穗腐病发病程度影响最大,冰雹损害也会加重霉菌与霉菌毒素问题。

### 1.1.2 虫害与玉米生物毒素含量间关系。亚洲玉米螟是造

**基金项目** 农业农村部粮油产品风险评估专项(GJFP201800104)。  
**作者简介** 兰静(1968—),女,黑龙江哈尔滨人,研究员,硕士,从事农产品质量安全品质评价与风险评估研究。\*通信作者,研究员,硕士,从事农产品质量安全品质评价与风险评估研究。

**收稿日期** 2019-05-04

成我国玉米穗腐病的一个主要原因。亚洲玉米螟为害造成的机械损伤加重了玉米穗腐病的发生。玉米螟为害也会导致穗腐病发生严重<sup>[8]</sup>。伴随昆虫腐蚀污染镰刀菌的玉米穗呈现蓝-绿色或黄色<sup>[9]</sup>。在气候温和地区,玉米串珠镰刀菌与昆虫损坏关系密切,是最重要的霉菌感染途径<sup>[10]</sup>。第二代欧洲玉米螟幼虫是串珠镰刀菌的载体,伏马毒素的产生与欧洲玉米螟损害有关<sup>[11-13]</sup>。另外,昆虫危害水平与穗腐病感病程度高度相关<sup>[14]</sup>。

**1.2 玉米储藏环节的生物毒素污染** 玉米收获后,储藏条件(包括储藏环境温度、湿度和储藏用具等)变化导致生物毒素产生。高温高湿环境条件是玉米生物毒素污染的主要因素。

**1.2.1 环境条件对玉米生物毒素的影响。**玉米水分、储存的环境温度和气体成分是影响玉米脂肪酸值变化即玉米品质劣变程度的重要因素。密闭储藏技术和膜下环流技术是保持玉米堆低温条件和调节粮堆气体成分常用的方法,对保持玉米良好品质效果明显。采用机械通风、粮面压盖、就仓(垛)干燥等储粮技术来降低玉米水分、控制玉米堆温度、调节玉米堆气体成分是常用的储粮技术。

李昕昕等<sup>[15]</sup>研究表明,在不同储藏环境下,玉米中霉菌的生长受环境湿度和玉米本身水分含量的双重影响。随着环境湿度和水分含量的增加,霉菌数量也增加,但玉米本身水分含量对霉菌生长影响更显著。在温度 30℃、相对湿度 75%~84%时,玉米上黄曲霉和黑曲霉总数均与黄曲霉毒素 B<sub>1</sub> 呈极显著和显著正相关(相关系数分别为 0.997, 0.921)。在中、高湿度(92%)的环境下,玉米上的黄曲霉毒素 B<sub>1</sub> 与黄曲霉总数间的相关性不显著,即受其他霉菌的影响越来越显著。Prakash 等<sup>[16]</sup>报道玉米籽粒在正常日照、100%相对湿度和 25℃下接种 12 d,黄曲霉毒素 B<sub>1</sub> 含量最高。潮湿环境下真菌污染的玉米变棕或粉-红色<sup>[17]</sup>。

李瑞芳等<sup>[18]</sup>通过控制培养箱温度和相对湿度,建立了黄曲霉生长模型。研究表明,黄曲霉在水活度低于 0.90、温度低于或接近 15℃时不生长;当环境温度在 20~30℃、相对湿度低于 90%时,可抑制黄曲霉的生长;当环境温度高于 30℃时,储藏环境相对湿度要低于 80%,才能实现抑制产毒黄曲霉的生长,从而保证玉米的储藏质量。

**1.2.2 玉米品种对生物毒素的影响。**玉米原始水分含量高、成熟度不均匀、未熟粒和破损粒较多时,极易遭受虫霉侵害。玉米胚部占整个籽粒面积较大,吸湿性强,正常玉米的呼吸强度比正常小麦的呼吸强度大 8~11 倍;玉米胚部含脂肪较多,容易酸败,在储藏期间胚部极易遭受虫霉侵害;玉米胚部带菌量较大,在适宜的温度下,霉菌大量生长繁殖导致霉变,玉米耐储性变差。

当玉米的水分含量超过 14.3%,串珠镰刀菌数量大幅度增加,而玉米赤霉烯酮 ZEA 积累量开始逐渐下降。一是此时环境不适合玉米赤霉烯酮的产生,即产毒菌株玉米赤霉烯酮的能力下降;二是霉菌中其他菌尤其是木霉均能通过细胞壁吸附、产生某种降解玉米赤霉烯酮的物质和营养竞争作用等多种方式抑制镰刀菌生长、产毒及增强玉米上毒素的降解

能力。进一步说明,并不是镰刀菌的数量越多,产生毒素的量就越多,镰刀菌产毒是多种因素共同作用的结果<sup>[15]</sup>。

## 2 玉米饲料生物毒素污染现状

玉米是我国主要的饲用原料,玉米穗腐病的发生增加了霉菌毒素在玉米籽粒中的积累量。霉菌毒素污染已成为影响养殖业和饲料业发展的主要因素之一。傲志刚等<sup>[19]</sup>报道,我国饲料原料和全价饲料产品多种霉菌毒素同时存在;黄曲霉毒素超标率和检出水平均比较低;玉米赤霉烯酮、伏马毒素和呕吐毒素超标率和检出水平较高。单安山等<sup>[20]</sup>采用酶联免疫吸附法测定了黑龙江省和吉林省玉米、玉米酒糟蛋白饲料、玉米蛋白粉、玉米胚芽粕、玉米蛋白饲料等 116 份样品中的黄曲霉毒素 B<sub>1</sub>、玉米赤霉烯酮、呕吐毒素、伏马毒素、赭曲霉毒素 A、T-2 这六大毒素含量。结果表明,除玉米胚芽粕外,玉米酒糟蛋白饲料、玉米蛋白粉和玉米蛋白饲料中各种霉菌毒素检出率和含量均高于玉米。副产物中霉菌毒素污染程度比玉米本身更严重,污染较严重的霉菌毒素为玉米赤霉烯酮、呕吐毒素和伏马毒素。

王金勇等<sup>[21]</sup>调查研究发现,在玉米副产品中,玉米酒糟蛋白饲料和其他玉米副产品(如玉米皮、胚芽粕和蛋白粉等)霉菌毒素污染主要类型是呕吐毒素、伏马毒素和玉米赤霉烯酮。

玉米油糟蛋白、玉米皮蛋白粉和胚芽粕等都是高呕吐毒素、伏马毒素和玉米赤霉烯酮的原料。目前大型奶企饲料与原料中黄曲霉毒素已经得到有效控制,当前应重点防控呕吐毒素与玉米赤霉烯酮。

## 3 预防玉米生物毒素产生的措施

通过各种有效的农艺措施可以减轻玉米收获前真菌毒素的污染<sup>[22]</sup>,但尚无法根除。培育和种植玉米抗病品种是解决毒素污染问题最为经济有效的措施。

### 3.1 玉米生长期生物毒素的预防措施

**3.1.1 选用抗性品种。**玉米种皮在抵御霉菌感染中有重要作用<sup>[23]</sup>。前人研究表明,种皮厚度与硬度与玉米抗穗腐病的能力有关<sup>[24]</sup>。种皮的细胞壁、表皮细胞间紧密程度、栅栏细胞层、裂缝和气孔、蜡质层以及种皮渗透性的强弱、耐破损程度等都与玉米抵抗黄曲霉菌感染有关<sup>[25-26]</sup>。

玉米在田间生长后期具有抵抗真菌感染或产毒的特性,取决于果穗苞叶的完整性和特有生化成分,称为收获前污染抗性。抗感染是玉米种皮的完整性及特殊的生化成分抵御真菌毒素的侵染和定殖,以阻止或降低毒素污染的特性;抗产毒是玉米在受到真菌感染后不产生真菌毒素或产毒量低的特性。

玉米品种本身对病虫害的抗性也是影响穗腐病发生的因素之一。研究表明,采用抗穗腐病品种,在长期阴雨的天气中,病原菌在最敏感时期、最佳部位、最佳条件下超菌量接种,最多造成 20%左右的严重损失;而采用感穗腐病品种,则在病原菌和气候条件都适合侵染情况下,产量损失可高达 80%以上。

**3.1.2 调节田间土壤湿度和温度。**在收获前 21~35 d 内适

当灌溉,防止作物遭受干旱胁迫,可以起到降低收获前毒素污染的作用。灌水不仅可降低干旱胁迫,还可降低土壤湿度。在没有灌溉条件的田块,可以通过调整生育期、增施钙素(如石灰)和适时收获等措施减轻作物收获前黄曲霉毒素的污染<sup>[27]</sup>。

**3.1.3 防治病虫害。**玉米生长过程中,为防止玉米螟、棉铃虫、黏虫和蝗虫等害虫对籽粒的破坏,采取各种措施将作物田间的害虫数量减少到最低水平,可有效降低毒素污染。目前广泛采用生物技术防治作物病虫害,减少了农药对环境的污染<sup>[28]</sup>。对玉米二代玉米螟幼虫可应用菊酯类和有机磷农药等进行化学防治<sup>[29]</sup>。

**3.1.4 适时播种。**播种时期对降低病原真菌起到很大作用,研究表明<sup>[30-32]</sup>,适时播种在防治霉菌对玉米的感染时具有重要作用。①玉米延迟种植后,玉米螟幼虫对玉米幼穗蚕食率增大,玉米受害严重<sup>[33-34]</sup>,伏马毒素含量增多<sup>[34]</sup>。②严格按照玉米不同品种的特性要求,适时播种,合理密植,提高植株的抗逆抗病能力,采用有效措施避开高温干旱,提防低温冷害,促进玉米充分成熟,降低含水量。

**3.1.5 防止玉米果穗和种子的破损。**收获前黄曲霉可通过昆虫或机械引起的伤口侵染玉米果穗而造成毒素污染。在籽粒发育过程中应尽可能避免机械损伤和病虫害发生造成破损,防止外界因素和人为措施对果穗和种子的损伤。

### 3.2 玉米收获期生物毒素的预防措施

①早种植和早收获可减少串珠镰刀菌和伏马毒素污染<sup>[35]</sup>。掌握玉米生长发育特性,明确其成熟期特征,适时收获。②采用良好的收获方式,防止玉米在收获时受损或破裂。选择适宜的收获日期,避免在阴雨天收获。③对刚收获的玉米果穗应避免堆放,要摊开晾晒,将含水量迅速降至安全水分。如收获遇持续阴雨天气,有条件的地区,应采用干燥设备及时处理<sup>[36-37]</sup>。④延迟收获,玉米在田间长期存留,真菌毒素污染风险增高<sup>[38-40]</sup>。

**3.3 玉米储藏期生物毒素的预防措施** 玉米储藏与运输过程中易受到害虫和霉菌的污染,每年因储粮虫霉造成的损失高达 200 亿~300 亿元,挽回这些粮食损失就相当于开垦了数十万顷“无形良田”。目前,国内外主要利用化学药剂防治储粮害虫和霉菌,常用的主要有防虫磷(马拉硫磷)、杀虫松(甲基嘧啶硫磷)和凯安保(溴氰菊酯)等。①玉米收获后要及时晒干,有条件的采用烘干设备进行烘干,控制玉米含水量 17% 以下及时售出。②尽量采用储粮仓储藏玉米,并对储粮仓进行杀菌消毒,减少“地扒粮”。③从玉米中清除碎渣和病粒,因为破碎和霉变的玉米粒对霉菌的感染风险比正常玉米粒高 3~4 倍。

### 参考文献

[1] CHILAKA C A, DE KOCK S, PHOKU J Z, et al. Fungal and mycotoxin contamination of South African commercial maize[J]. Journal of food agriculture and environment, 2012, 10(2): 296-303.  
 [2] LICHTWARDT R W, TIFFANY L H. Mold flora associated with shelled corn in Iowa[J]. Iowa State J Sci, 1958, 33: 1-11.  
 [3] AYERST G. The effects of moisture and temperature on growth and spore germination in some fungi[J]. Stores Prod Res, 1969, 5: 127-141.

[4] 唐芳,程树峰,伍松陵. 储粮真菌危害早期检测技术研究: 玉米储藏主要危害真菌生长规律的研究[J]. 粮油仓储科技通讯, 2008(4): 41-44.  
 [5] 百奥明. 2017 百奥明原料与饲料霉菌毒素检测报告[R]. 2018.  
 [6] WAGACHA J M, MUTHOMI J W. Mycotoxin problem in Africa: Current status, implications to food safety and health and possible management strategies[J]. Int J Food Microbiol, 2008, 124: 1-12.  
 [7] MUNKVOLD G P, MCGEE D C, CARLTON W M. Importance of different path-ways for maize kernel infection by *Fusarium moniliforme*[J]. Phytopathology, 1997, 87(2): 209-217.  
 [8] MAGG T, MELCHINGER A E, KLEIN D, et al Relationship between European corn borer resistance and concentration of mycotoxins produced by *Fusarium* spp. in grains of transgenic Bt maize hybrids, their isogenic counterparts, and commercial varieties[J]. Plant breeding, 2002, 121(2): 146-154.  
 [9] PAYNE G A. Ear and kernel rots[M]//WHITE D G. Compendium of corn diseases. 3rd Ed. St. Paul, MN: APS Press, 1999: 44-47.  
 [10] AVANTAGGIATO G, QUARANTA F, DESIDERIO E, et al. Fumonisin contamination of maize hybrids visibly damaged by *Sesamia*[J]. J Sci Food Agric, 2002, 83(1): 13-18.  
 [11] MUNKVOLD G P, HELLMICH R L, SHOWERS W B. Reduced *Fusarium* ear rot and symptomless infection in kernels of maize genetically engineered for European corn borer resistance[J]. Phytopathology, 1997, 87(10): 1071-1077.  
 [12] SOBEK E A, MUNKVOLD G P. European corn borer (Lepidoptera: Pyralidae) larvae as vectors of *Fusarium moniliforme*, causing kernel rot and symptomless infection of maize kernels[J]. J Econ Entomol, 1999, 92(3): 503-509.  
 [13] PAPT C, UTZ H F, MELCHINGER A E, et al. Mycotoxins produced by *Fusarium* spp. in isogenic Bt vs. non-Bt maize hybrids under European cornborer pressure[J]. Agron J, 2005, 97(1): 219-224.  
 [14] MUNKVOLD G P. Cultural and genetic approaches to managing mycotoxins in maize[J]. Annu Rev Phytopathol, 2003, 41: 99-116.  
 [15] 李听听,陈伟,李广富,等. 不同储藏条件下玉米中霉菌对黄曲霉毒素 B1 的影响[J]. 食品与发酵工业, 2014, 40(6): 211-215.  
 [16] PRAKASH O, SIRADHANA B S. Factors affecting formation of aflatoxin B1 by *Aspergillus flavus* on Ganga-5 maize hybrid[J]. Curr Sci, 1978, 47: 695-696.  
 [17] MACDONALD M V, CHAPMAN R. The incidence of *Fusarium moniliforme* on maize from Central America, Africa and Asia during 1992-1995[J]. Plant Pathol, 1997, 46(1): 112-125.  
 [18] 李瑞芳,韩北忠,陈晶瑜,等. 黄曲霉生长预测模型的建立及其在玉米储藏中的应用[J]. 中国粮油学报, 2008, 23(3): 144-147.  
 [19] 傲志刚,陈代文. 2006~2007 年中国饲料及饲料原料霉菌毒素污染调查报告[J]. 中国畜牧兽医, 2008, 35(1): 152-156.  
 [20] 单安山,周长路,张圆圆,等. 东北地区不同饲料原料中霉菌毒素含量的测定[J]. 东北农业大学学报, 2013, 44(6): 96-100.  
 [21] 王金勇,刘颖莉. 2012 年上半年中国饲料和原料霉菌毒素污染情况调查报告[J]. 饲料工业, 2012, 33(22): 40-43.  
 [22] BATTILANI P, PIETRI A, BARBANO C, et al. Logistic regression modeling of cropping systems to predict fumonisin contamination in maize[J]. J Agric Food Chem, 2008, 56(21): 10433-10438.  
 [23] HOENISCH R W, DAVIS R M. Relationship between grain pericarp thickness and susceptibility to *Fusarium* ear rot[J]. Plant Dis, 1994, 78(5): 517-519.  
 [24] WARFIELD C Y, DAVIS R M. Importance of husk covering on the susceptibility of corn hybrids to *Fusarium* ear rot[J]. Plant Dis, 1996, 80(2): 208-210.  
 [25] PALANISAMI A. Fungus aflatoxin producing in relation to post harvest practices in groundnut[J]. Madra Agric J, 1990, 77: 26-31.  
 [26] 梁炫强. 花生抗黄曲霉(*Aspergillus flavus* Link) 侵染和产毒机制以及抗性遗传规律的研究[D]. 广州: 华南师范大学, 2002.  
 [27] 廖伯寿. 中国种植业优质高产技术丛书——花生[M]. 武汉: 湖北科学技术出版社, 2003.  
 [28] CHARAN A R, REDDY V P, REDDY P N, et al. Assessment of genetic diversity in *Pseudomonas fluorescens* using PCR-based methods[J]. Biorem Biodiv Bioavail, 2011, 5: 10-16.  
 [29] BLANDINO M, ALMA A, REYNERI A, et al. Control of European corn borer (*Ostrinia nubilalis*) in maize and mycotoxin contamination[C]//The third world mycotoxin forum. Proceedings of the third Conference. Noordwijk aan Zee, the Netherlands: [s. n.], 2005: 88.

深得贫困山区老百姓喜爱,可作为滇桂贫困地区精准扶贫的中药材种植品种。引种产区阳春砂表型性状变异丰富<sup>[9-10]</sup>,可能与不同生态环境下遗传物质差异表达有关,同时昆虫传粉引起的种内和种间杂交也会导致杂交后代表型变异。该研究通过调查分析云南、广东、广西 3 个产区共 9 个产地阳春砂成熟鲜果形态特征,发现存在大果型、小果型、长果型、圆果型、红果型、黑果型等特征,其中道地产地广东阳春仅存在红色小果长型阳春砂,云南产区果型变异最为丰富,该结果表明阳春砂存在一定的遗传多样性,其表型性状多样性是由遗传多样性和生态环境多样性共同作用的结果。在研究中发现干果重与果大小有关,与其他果型无关,表明阳春砂选育种以高产为目标时可将大果型阳春砂作为选育对象。

广东阳春作为阳春砂道地产地,文献报道认为其品质较引种产区高<sup>[11-13]</sup>,单以乙酸龙脑酯作为指标进行品质评价,广东阳春春湾镇产阳春砂(YCS9)最高(1.64%),云南景洪基诺乡(YCS6)次之(1.56%),与文献报道一致,但广东阳春蟠龙镇(YCS8)仅 1.06%,与报道不符。同时道地产地阳春砂总挥发油含量并不高,甚至蟠龙镇产(YCS8)未达药典标准,而云南部分产地总挥发油含量高达 4.0%以上,远高于药典标准,说明使用单一成分判定品质高低有其局限性。该研究采用综合加权评分并制定分级标准来判定阳春砂品质高低,将其分为优质品、良品、合格品、不合格品 4 个等级,该研究中云南景洪基诺乡产评分最高且为唯一优质品,广东阳春春湾镇次之,为良品,其他产地均为合格品,未有不合格品。有关文献中报道引种产区特别是云南产阳春砂药用成分含量低品质不合格的原因主要是由于其试验材料来自于药材市场,阳春砂中大量掺杂伪品砂仁(如老挝砂、缅砂、巴塞砂

等)造成的。综合分析发现,道地产地阳春砂品质未明显高于引种产区、市场上道地产地阳春砂价格远远高于引种产区的现象应是传统中医用药讲究“道地性”以及广东本地商业炒作引起的,应理性看待。

阳春砂果型变异与遗传多样性和生态环境多样性有关,药用成分含量和品质高低与产地关系不大。通过优良种质筛选和新品种选育、进行科学种植和管理、严格把控采收加工环节等措施,是提高阳春砂品质的最有效途径。

## 参考文献

- [1] 李时珍.本草纲目:第 2 册[M].北京:人民卫生出版社,1977:869.
- [2] 国家药典委员会.中华人民共和国药典:一部[S].北京:中国医药科技出版社,2015:253.
- [3] 赖小平,刘心纯.中药砂仁五个品种的生化鉴定[J].广州中医学院学报,1989,4(4):242-246.
- [4] 何瑞,杨锦芬,詹若挺,等.道地产区不同栽培品种阳春砂果实与花形态特征调查与分析[J].广州中医药大学学报,2010,27(1):57-61.
- [5] 胡耀华,胡新文,何春生.几种阴生药用植物产销情况调查报告(II.砂仁)[J].热带农业科学,2003,23(4):35-40.
- [6] 陈建设,李海涛,唐德英,等.云南阳春砂产业现状及发展对策[J].中国现代中药,2015,17(7):690-693.
- [7] 王喜林.加权系数法在土壤等级评价上的应用[J].安徽农业科学,2010,38(31):17477-17478.
- [8] 张丹雁,刘军民,熊清平,等.阳春砂资源调查与分析[J].广州中医药大学学报,2008,25(1):77-80.
- [9] 段立胜,张丽霞,彭建明,等.西双版纳阳春砂仁种质资源调查初报[J].时珍国医国药,2009,20(3):627-628.
- [10] 李戈,王艳芳,唐玲,等.云南阳春砂仁表型性状变异及其相关和通径分析[J].云南中医学院学报,2015,38(1):38-41,47.
- [11] 付琛,周日水,周光雄.不同产地品种阳春砂仁挥发油化学成分的气相色谱-质谱联用分析[J].时珍国医国药,2010,21(10):2534-2536.
- [12] 敖慧,刘红梅,王江瑞,等.不同产地砂仁的挥发油 GC-MS 分析及重金属残留测定[J].中药新药与临床药理,2016,27(2):250-254.
- [13] 马小花,展学孔,林书兰,等.不同产地及来源砂仁的质量评价初步研究[J].中国民族民间医药,2017,26(23):42-44.
- [14] 王喜林,李海涛,唐德英,等.云南阳春砂产业现状及发展对策[J].中国现代中药,2015,17(7):690-693.
- [15] 张丹雁,刘军民,熊清平,等.阳春砂资源调查与分析[J].广州中医药大学学报,2008,25(1):77-80.
- [16] 段立胜,张丽霞,彭建明,等.西双版纳阳春砂仁种质资源调查初报[J].时珍国医国药,2009,20(3):627-628.
- [17] 李戈,王艳芳,唐玲,等.云南阳春砂仁表型性状变异及其相关和通径分析[J].云南中医学院学报,2015,38(1):38-41,47.
- [18] 付琛,周日水,周光雄.不同产地品种阳春砂仁挥发油化学成分的气相色谱-质谱联用分析[J].时珍国医国药,2010,21(10):2534-2536.
- [19] 敖慧,刘红梅,王江瑞,等.不同产地砂仁的挥发油 GC-MS 分析及重金属残留测定[J].中药新药与临床药理,2016,27(2):250-254.
- [20] 马小花,展学孔,林书兰,等.不同产地及来源砂仁的质量评价初步研究[J].中国民族民间医药,2017,26(23):42-44.
- [21] 王喜林,李海涛,唐德英,等.云南阳春砂产业现状及发展对策[J].中国现代中药,2015,17(7):690-693.
- [22] 张丹雁,刘军民,熊清平,等.阳春砂资源调查与分析[J].广州中医药大学学报,2008,25(1):77-80.
- [23] 段立胜,张丽霞,彭建明,等.西双版纳阳春砂仁种质资源调查初报[J].时珍国医国药,2009,20(3):627-628.
- [24] 李戈,王艳芳,唐玲,等.云南阳春砂仁表型性状变异及其相关和通径分析[J].云南中医学院学报,2015,38(1):38-41,47.
- [25] 付琛,周日水,周光雄.不同产地品种阳春砂仁挥发油化学成分的气相色谱-质谱联用分析[J].时珍国医国药,2010,21(10):2534-2536.
- [26] 敖慧,刘红梅,王江瑞,等.不同产地砂仁的挥发油 GC-MS 分析及重金属残留测定[J].中药新药与临床药理,2016,27(2):250-254.
- [27] 马小花,展学孔,林书兰,等.不同产地及来源砂仁的质量评价初步研究[J].中国民族民间医药,2017,26(23):42-44.
- [28] 王喜林,李海涛,唐德英,等.云南阳春砂产业现状及发展对策[J].中国现代中药,2015,17(7):690-693.
- [29] 张丹雁,刘军民,熊清平,等.阳春砂资源调查与分析[J].广州中医药大学学报,2008,25(1):77-80.
- [30] 段立胜,张丽霞,彭建明,等.西双版纳阳春砂仁种质资源调查初报[J].时珍国医国药,2009,20(3):627-628.
- [31] 李戈,王艳芳,唐玲,等.云南阳春砂仁表型性状变异及其相关和通径分析[J].云南中医学院学报,2015,38(1):38-41,47.
- [32] 付琛,周日水,周光雄.不同产地品种阳春砂仁挥发油化学成分的气相色谱-质谱联用分析[J].时珍国医国药,2010,21(10):2534-2536.
- [33] 敖慧,刘红梅,王江瑞,等.不同产地砂仁的挥发油 GC-MS 分析及重金属残留测定[J].中药新药与临床药理,2016,27(2):250-254.
- [34] 马小花,展学孔,林书兰,等.不同产地及来源砂仁的质量评价初步研究[J].中国民族民间医药,2017,26(23):42-44.
- [35] ABBAS H K, SHIER W T, CARTWRIGHT R D. Effect of temperature, rainfall and planting date on aflatoxin and fumonisin contamination in commercial Bt and non-Bt corn hybrids in Arkansas[J]. Phytoprotection, 2007, 88:41-50.
- [36] 孙大容.花生育种学[M].北京:中国农业出版社,1998.
- [37] 王伶俐,王翠霞,赵春香.发生花生黄曲霉毒素的主要原因及防治措施[J].吉林农业,2010(4):113.
- [38] BATTILANI P, PIETRI A, BARBANO C, et al. Logistic regression modelling of cropping systems to predict fumonisin contamination in maize[J]. Journal of agricultural and food chemistry, 2008, 56(21):10433-10438.
- [39] LAUREN D R, SMITH W A, DI MENNA M E. Influence of harvest date and hybrid on the mycotoxin content of maize (*Zea mays*) grain grown in New Zealand[J]. New Zealand journal of crop horticultural science, 2007, 35(3):331-340.
- [40] PRESELLO D A, IGLESIAS J, BOTTA G, et al. Severity of *Fusarium* ear rot and concentration of fumonisin in grain of Argentinian maize hybrids[J]. Crop protection, 2007, 26(6):852-855.

(上接第 185 页)