

皖北地区饲料玉米烘干与自然晾晒效果比较研究

蒋克纯^{1,2}, 季学枫², 卢亚洲³, 周杰⁴ (1. 合肥市爱博生物技术有限公司, 安徽合肥 230088; 2. 安徽省饲料工业协会, 安徽合肥 230061; 3. 安徽省畜牧技术推广总站, 安徽合肥 230061; 4. 安徽农业大学, 安徽合肥 230036)

摘要 饲料生产中常面临玉米原料霉变现象, 而干燥处理是防治玉米霉变最主要的方法之一。比较了皖北地区饲料玉米烘干和自然晾晒的情况。结果显示, 高温烘干塔烘干的玉米比本地晾晒玉米, 水分降低 2.2 百分点, 黄曲霉 B₁ 减少 130.4 μg/kg, 赤霉烯酮减少 52.5 μg/kg, 生霉粒减少 0.87 百分点; 低温循环烘干玉米, 水分降低 2.5 百分点, 赤霉烯酮减少 44.5 μg/kg, 生霉粒减少 1.9 百分点。结果表明, 对饲料原料玉米进行烘干处理十分必要。

关键词 饲料原料; 玉米; 烘干; 自然晾晒; 皖北地区

中图分类号 TS21 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2023)11-0148-04

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2023.11.036

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Comparative Study on Stoving and Natural Drying of Feedstuff Corn in Northern Anhui Province

JIANG Ke-chun^{1,2}, JI Xue-feng², LU Ya-zhou³ et al (1. Hefei Aibo Biotechnology Co., Ltd., Hefei, Anhui 230088; 2. Anhui Feed Industry Association, Hefei, Anhui 230061; 3. Anhui Provincial Animal Husbandry Technology Extension Station, Hefei, Anhui 230061)

Abstract Mildew of feedstuff corn often occurs in feed production, and drying is one of the most important methods to prevent corn mildew. The aims of this study were to compare the stoving and natural drying of corn in northern Anhui Province. Compared with local natural drying corn, the moisture of dried corn in high temperature drying tower decreased by 2.2 percentage point, aflatoxin B₁ decreased by 130.4 μg/kg, gibberelone decreased by 52.5 μg/kg, and mildew grain decreased by 0.87 percentage point; the moisture, gibberelone and mildew grain decreased by 2.5 percentage point, 44.5 μg/kg and 1.9 percentage point on low temperature cycle drying. The results suggested that feedstuff corn stoving is an effective method.

Key words Feedstuff; Corn; Stoving; Natural drying; Northern Anhui Province

玉米不仅是我国三大粮食作物之一, 还是主要的饲料原料。高含水率玉米必须经过降水达到安全指标方能入库储存备用^[1-3]。安徽省玉米种植区主要分布于宿州、阜阳、亳州、淮北和蚌埠 5 个市。2020 年, 宿州、阜阳、亳州、淮北和蚌埠玉米种植面积分别占其总面积的 24.89%、21.55%、22.68%、6.70%、10.61%^[4]。由于不少年份玉米收获季节的天气以晴天为主, 皖北地区普遍以自然晾晒方式降低玉米收储水分。但 2016—2017 年连绵阴雨, 导致玉米霉变非常严重。畜禽饲喂霉变玉米后免疫力下降, 是导致非洲猪瘟集中暴发的重要原因之一。为此, 安徽省饲料工业协会对有关地市进行了调研, 加强饲料企业玉米霉菌毒素检测, 提倡优质优价, 促进玉米烘干, 同时开展烘干试点, 总结推广成功经验。

1 材料与方法

1.1 试验基本情况 试点玉米烘干厂分为大型农场(联合体)、专业合作社、粮贸公司 3 种类型。淮河联合体使用 20 台雷沃 GF60 玉米籽粒收割脱粒机, 种 1 066.70 hm² 玉米; 宿州昌乾共有 9 台雷沃 CB03 收割脱粒机, 种 66.67 hm² 玉米; 宿州鼎立用 4 台谷王 TB60 型脱粒收割机, 种 80.00 hm² 玉米; 灵璧金成用 2 台谷王 TB60 收割脱粒机, 1 台收割机, 种 66.67 hm² 玉米; 阜阳侨佳丰用 2 台中国收获 4YZ-4F 收割机, 1 台景西 5TY-190 脱粒机, 附加谷王 TB60 收割脱粒机, 种 113.33 hm² 玉米; 怀远瑞丰不种植玉米, 收购农户玉米棒进行脱粒、烘干。收获方式有 2 种情形: ①直接收割玉米籽粒, 随即烘干, 定名为“不分段”; ②农户收割玉米棒晾晒, 再送烘干厂脱粒, 烘干, 定名为“分段”。具体如表 1 所示。

表 1 试点单位及其生产特点

Table 1 Pilot units and their production characteristics

地市 City	单位 Unit	简称 Short name	烘干设备 Drying equipment	收—脱—烘操作 Purchasing—threshing—stoving
宿州 Suzhou	宿州淮河粮食产业联合体	联合体	高温烘干塔	不分段
阜阳 Fuyang	颍州区侨佳丰植保专业合作社	侨佳丰	高温烘干塔	不分段
蚌埠 Bengbu	怀远县瑞丰粮贸有限公司	怀远瑞丰	高温烘干塔	分段
宿州 Suzhou	宿州昌乾农机专业合作社	宿州昌乾	低温循环烘干机	不分段
宿州 Suzhou	宿州市鼎立农机农民专业合作社	宿州鼎立	低温循环烘干机	不分段
宿州 Suzhou	灵璧金成专业合作社	灵璧金成	低温循环烘干机	不分段

其中 3 个厂使用高温烘干塔, 3 个厂使用低温循环烘干机。试点单位玉米收种情况见表 2, 怀远瑞丰不种玉米除外。

1.2 试验方法 试点试验以宿州万千饲料公司监测本地农户晾晒玉米为对照组, 并以同期安徽禾丰牧业公司调拨吉林玉米为参照组, 以便饲料生产采购。试验采集各试点、对照组和参照组样品, 由协会统一规定抽样时间、送检、试剂盒,

作者简介 蒋克纯(1968—), 男, 安徽肥东人, 畜牧师, 从事动物营养研究。

收稿日期 2022-07-05

确定统一指标和检测方法。检测指标包括感官、容重、不完善粒、杂质、水分含量、粗蛋白、黄曲霉 B₁、赤霉烯酮、生霉粒。每个试验点每天采样 1 次,连续采集 3 d。每样玉米籽粒 3 个样品,一份企业留样,一份检测单位留样,一份检测。每个样品 500 g,记录采样单位、地点、日期、时间、玉米品种等信

息,烘干玉米样品 7 d 内送往检测机构,由安徽省粮油产品质量监督监测站完成。对照组、参照组由企业当日抽样,当日检测。上述试验分析各项指标,均按分析误差比较差异显著性。经感官检验以下所有样本气味、色泽均为正常,不再列出。

表 2 试点单位玉米收种情况

Table 2 Maize harvesting and planting in pilot units

试点单位 Pilot units	种植面积 Planting areas hm ²	产量 Yield per acre//kg/hm ²	播种期 Sowing date	收获期 Harvest date	生长期 Growth period d	收获天数 Harvest days d
联合体 Union	1 066. 70	11 250	06-12-06-20	09-28-10-10	109-113	13
宿州昌乾 Suzhou Changqian	66. 67	9 750	06-10-06-20	09-21-10-10	104-113	20
宿州鼎立 Suzhou Dingli	80. 00	8 250	06-12-06-16	10-01-10-10	112-117	10
灵璧金成 Lingbi Jincheng	66. 67	11 250	06-06-06-15	09-19-09-28	106	10
侨佳丰 Qiaojiafeng	113. 33	8 250	06-10-06-20	09-25-10-02	105-106	7

2 结果与分析

2.1 本地晾晒玉米与同期东北玉米品质的比较 由表 3 可见,本地晾晒玉米 3 个样本水分均>14. 00%,虽然粗蛋白质含量平均为 7. 39%,但随着水分降低到 13%以下,其干基含

量会大于 8%,但生霉粒均值>2. 00%,黄曲霉 B₁ 均值>50 μg/kg,严重超过饲料卫生标准限量。而东北调入玉米符合饲料卫生指标要求,各项质量指标均优于本地晾晒玉米,因此本地玉米烘干处理非常必要。

表 3 本地晾晒玉米与同期东北玉米品质比较

Table 3 Quality comparison between local drying corn and northeast corn of the same period

项目 Item	容重 Volume weight g/L	不完善粒 Unsound kernel %	杂质 Impurity %	水分 Moisture %	粗蛋白 Crude protein %	黄曲霉 B ₁ Aflatoxin B ₁ μg/kg	赤霉烯酮 Gibberelenone μg/kg	生霉粒 Mildew grain %
本地晾晒玉米 Local drying corn	样品 1 722	4. 14	1. 04	15. 60	7. 32	386. 69	0. 95	1. 86
	样品 2 714	3. 86	0. 87	15. 42	7. 40	1. 43 *	59. 33	2. 20
	样品 3 712	4. 60	0. 92	15. 80	7. 46	49. 18 *	155. 29	2. 46
	均值 716	4. 20	0. 94	15. 60	7. 39	145. 77	71. 85	2. 17
东北玉米 Northeast corn	样品 1 733	2. 87	0. 12	14. 20	8. 96	22. 72	8. 68	0. 85
	样品 2 708	3. 28	0. 65	12. 90	8. 44	4. 37	4. 22	0. 22
	样品 3 719	2. 17	0. 22	12. 10	8. 84	15. 63	1. 34	0. 45
	均值 720	2. 77	0. 33	13. 06	8. 75	14. 24	4. 74	0. 50

注: * 晾晒玉米样本 2、3 储放 30 d 后检测黄曲霉 B₁ 分别达到 103. 2 和 78. 5 μg/kg。

Note: After storage for 30 d, aflatoxin B₁ of air-dried corn samples 2 and 3 reached 103. 2 and 78. 5 μg/kg, respectively.

2.2 高温烘干塔烘干玉米、本地晾晒玉米和同期东北玉米品质比较 淮河联合体使用 5HXZ20T/h 混流式高温种子烘干塔,容量约 500 t;阜阳侨佳丰使用开原 SHN-200 混流式高

温烘干塔,容量约 200 t;怀远瑞丰不种植玉米,收购农户玉米棒进行脱粒、烘干,用通赢 SNHT7. 5 混流式高温烘干塔,容量约 150 t。烘干效果见表 4。

表 4 高温烘干塔烘干玉米、本地晾晒玉米和同期东北玉米品质比较

Table 4 Quality comparison of dried corn in high temperature drying tower, local drying corn and northeast corn of the same period

项目 Item	容重 Volume weight g/L	不完善粒 Unsound kernel %	杂质 Impurity %	水分 Moisture %	粗蛋白 Crude protein %	黄曲霉 B ₁ Aflatoxin B ₁ μg/kg	赤霉烯酮 Gibberelenone μg/kg	生霉粒 Mildew grain %
高温烘干塔 High temperature tower	联合体 710	9. 10	0. 50	12. 80	10. 20	1. 00	未检出	0. 90
	侨佳丰 704	7. 70	0. 40	12. 70	9. 86	0. 00	未检出	1. 00
	怀远瑞丰 —	3. 60	—	14. 70	9. 21	45. 00	58. 00	2. 00
	均值 707	6. 80	0. 45	13. 40	9. 75	15. 33	19. 30	1. 30
本地晾晒玉米 Local drying corn	均值 716	4. 20	0. 94	15. 60	7. 39	145. 77	71. 85	2. 17
东北玉米 Northeast corn	均值 720	2. 77	0. 33	13. 06	8. 75	14. 24	4. 74	0. 50

由表 4 可见,经高温烘干塔烘干的玉米比本地晾晒玉米,水分降低 2. 2 百分点,黄曲霉 B₁ 减少 130. 4 μg/kg,赤霉

烯酮减少 52. 5 μg/kg,生霉粒减少 0. 87 百分点,均超出分析误差,其品质明显提升。需要指出的是,怀远瑞丰实现分段

操作,玉米棒晾后再脱粒和烘干,与其他两组“收割—脱粒—烘干”连续操作不同,造成玉米烘干前霉变。所以,剔除怀远瑞丰后,高温烘干塔烘干玉米品质与东北玉米相近,水分低0.31百分点,黄曲霉 B₁ 低 13.7 μg/kg,赤霉烯酮均未检出,粗蛋白质含量高 1.28 百分点。但本地高温塔烘干玉米,不完善粒比东北玉米多 5.63 百分点,联合体>8.0%。另外,通过表 4 比较,联合体和侨佳丰两组相比,除联合体玉米不完善粒比侨佳丰高 1.4 百分点外,其他指标差异均在分析误差

以内。

2.3 低温循环烘干机烘干玉米、本地晾晒玉米和同期东北玉米品质比较 使用低温循环烘干机 3 个单位:宿州昌乾用 3 组雷沃 5HXW 低温循环烘干机,每组可烘 15 t,总共可烘 45 t;宿州鼎立用 2 组谷王 DF300 型低温循环烘干机,每组可烘 30 t,总共可烘 60 t;灵璧金成用 2 组谷王 DC150 低温循环烘干机,每组可烘 15 t,总共可烘 30 t。玉米烘干情况见表 5。

表 5 低温循环烘干机烘干玉米、本地晾晒玉米和同期东北玉米品质比较

Table 5 Quality comparison of low temperature cycle drying corn, local drying corn and northeast corn of the same period

项目 Item	容重 Volume weight g/L	不完善粒 Unsound kernel %	杂质 Impurity %	水分 Moisture %	粗蛋白 Crude protein %	黄曲霉 B ₁ Aflatoxin B ₁ μg/kg	赤霉烯酮 Gibberelenone μg/kg	生霉粒 Mildew grain %	
低温循环烘干机	宿州昌乾	743.0	9.40	1.10	11.90	10.10	未检出	76.00	0
Low temperature circulating dryer	宿州鼎立	755.0	7.80	0.50	13.90	10.10	641.00	6.00	0.80
	灵璧金成	739.0	9.80	0.70	13.50	9.83	未检出	未检出	0
	均值	745.7	9.00	0.77	13.10	10.00	213.70	27.30	0.27
本地晾晒玉米	均值	716.0	4.20	0.94	15.60	7.39	145.70	71.85	2.17
Local drying corn	均值	716.0	4.20	0.94	15.60	7.39	145.70	71.85	2.17
东北玉米	均值	720.0	2.77	0.33	13.06	8.75	14.24	4.74	0.50
Northeast corn	均值	720.0	2.77	0.33	13.06	8.75	14.24	4.74	0.50

由表 5 可见,低温循环烘干机烘干玉米生霉粒 0.27%,比晾晒玉米 2.17% 低 1.90 百分点;赤霉烯酮 27.30 μg/kg,各组均<500 μg/kg,符合饲料卫生指标要求,与东北玉米相比差异不显著。烘干玉米水分 13.10%,比晾晒玉米 15.60% 低 2.50 百分点,与东北玉米相比差异不显著。但烘干玉米不完善粒 9%,高于国标 3 级标准 8.0%,黄曲霉 B₁ 宿州昌乾和灵璧玉成未检出,宿州鼎立高达 641.00 μg/kg,导致均值超过晾晒玉米。由表 2 可知,宿州鼎立玉米生长期最长,收获最晚,经检测未烘干玉米黄曲霉 B₁ 为 310.00 μg/kg,生霉粒 32%,属在田霉变。

3 讨论

3.1 烘干与自然晾晒的比较 自然晾晒主要依靠太阳光,这种传统的干燥方式受气候和场地制约严重^[5-6]。虽然皖北地区玉米收获季节的天气以晴天为主,但遇有阴雨天对玉米质量的影响很大。以蚌埠市 2011—2021 年 9 月 29 日—10 月 19 日天气情况为例,阴雨天分别为 30%、20%、25%、10%、30%、45%、65%、5%、30%、15%和 45%。在此条件下,干燥时

间长,干燥不均匀,不能保证安全水分率^[7]。因此,对收获玉米进行烘干处理,十分必要。试点试验结果表明,晾晒玉米生霉粒均值>2%,黄曲霉 B₁ 达 145.7 μg/kg,严重超过 GB 13078 饲料卫生标准限量,而烘干玉米卫生质量明显提升。但在烘干前应注意收割后及时脱粒、烘干和防止在田霉变,即怀远瑞丰和宿州鼎立存在的问题。

3.2 高温烘干和低温循环烘干的比较 不同烘干工艺对玉米品质有一定的影响^[8]。剔除 2 个不良试点后,发现高温烘干塔和低温循环烘干机烘干玉米卫生品质均可达到甚至超过同期东北玉米(表 6)。但两类设备烘干玉米的不完善粒是东北玉米的 3.0~3.5 倍。实际生产中,建议采取一些行之有效的措施,减小不完善粒的增幅^[9]。至于本地烘干玉米与东北玉米的容重和粗蛋白质水平差异,可能与烘干工艺有关^[10],也可能是不同品种、气候、土壤等作物栽培差别所致。比较两类设备烘干玉米品质可见,低温循环烘干机杂质 0.90%,比高温烘干塔 0.45% 高出 1 倍;但低温循环烘干机不完善粒为 9.60%,比高温烘干塔 8.40% 还高 1.20 百分点。

表 6 高温烘干塔和低温循环烘干机烘干玉米品质比较

Table 6 Quality comparison of dried corn in high temperature drying tower, low temperature circulating dryer

项目 Item	容重 Volume weight g/L	不完善粒 Unsound kernel %	杂质 Impurity %	水分 Moisture %	粗蛋白 Crude protein %	黄曲霉 B ₁ Aflatoxin B ₁ μg/kg	赤霉烯酮 Gibberelenone μg/kg	生霉粒 Mildew grain %	
低温循环烘干机	宿州昌乾	743	9.40	1.10	11.90	10.10	未检出	76.00	未检出
Low temperature circulating dryer	灵璧金成	739	9.80	0.70	13.50	9.83	未检出	未检出	未检出
	均值	741	9.60	0.90	12.70	9.96	未检出	38.00	未检出
	高温烘干塔	联合体	710	9.10	0.50	12.80	10.20	1.00	未检出
High temperature tower	侨佳丰	704	7.70	0.40	12.70	9.86	未检出	未检出	1.00
	均值	707	8.40	0.45	12.75	10.00	0.50	未检出	0.95
	东北样品	均值	720	2.77	0.33	13.06	8.75	14.24	4.74
Northeast sample mean	均值	720	2.77	0.33	13.06	8.75	14.24	4.74	0.50

比较两类设备烘干玉米的损失率和成本等因素,结果见表 7。由表 7 可见,玉米烘干损失率二者相差 2 个百分点以上,反映二者不完善粒差距并非分析误差。低温循环烘干机玉米多次往返摩擦,形成较多的物料粉末或细小颗粒,同时也

增加了玉米不完善粒,在出料过筛时其粉末或细小颗粒被清除,而不完善粒得以保留;而高温烘干塔玉米摩擦少,产生的粉末少,玉米不完善粒也少。

表 7 高温烘干塔与低温循环烘干机烘干玉米损失率和成本比较

Table 7 Comparison of maize loss rate and cost between high temperature drying tower and low temperature circulating dryer

项目 Item	烘干方式 Drying method	烘干成本 Drying cost//元/t	损失率* Loss rate//%	日处理量 Daily processing capacity//t	投资额 Investment volume 万元/台
高温烘干塔 High temperature tower	≥80℃,顺流	40~60	≤2	≥150	≥25
低温循环烘干机 Low temperature circulating dryer	≤60℃,循环	80	≥4	≤30	≤10

注:损失率=(烘干前重-烘干后重+烘干前后水分差)/烘干前重×100%。

Note:The loss rate=[weight before drying - weight after drying + moisture difference before and after drying]/weight before drying×100%.

从投资收益看(见表 7),高温烘干塔一次性投资比低温循环烘干机高 1.5 倍以上,但高温烘干塔,损失率低于 2%,烘干成本低 38%,两者成本比为 5:8;高温烘干塔日处理量也是低温循环烘干机的 5 倍以上,而且其不完善粒低于低温循环烘干机。可见,无论是技术要求,还是经济效益,在一定日处理量基础上,投资高温烘干塔是上好的选择。

本地玉米烘干后不完善粒增高,按试点各类样品成绩排序:东北玉米 2.77%<怀远瑞丰 3.60%<本地晾晒玉米 4.20%<侨佳丰 7.70%<联合体 9.1%<低温循环烘干机 9.6%。可以看出,收割玉米棒晾放一段时间后,脱粒后的玉米不完善粒可以保持较低水平。但在皖北阴雨连绵气温偏高时,如怀远瑞丰的做法,又出现卫生质量指标严重超标。比较其中各组烘干试点,只有侨佳丰玉米不完善粒 7.7%,既符合饲料卫生标准,又达国标 3 级,且烘干成本最低(40 元/t)。

据调查,侨佳丰在玉米九成熟时收割(可减少玉米籽粒抛洒浪费),对烘干品质是否有影响,以及如何改进玉米棒收

储条件,既防霉变又保品质等烘干前问题还有待进一步研究。

参考文献

- [1] 张玉荣,周显青. 热风和真空干燥玉米的品质评价与指标筛选[J]. 农业工程学报,2010,26(3):346-352.
- [2] 李兴岩,赵薇,薛敏,等. 偏高水分玉米贮藏技术及品质控制研究进展[J]. 农产品加工,2022(18):101-103,107.
- [3] 王涛,姜伟,张书远,等. 探讨较高水分东北烘干玉米的综合管理措施[J]. 现代食品,2020(17):1-3.
- [4] 安徽省统计局. 安徽统计年鉴 2020[M]. 北京:中国统计出版社,2020.
- [5] 谭丁勇. 稻谷机械化烘干与传统人工晾晒成本对比试验研究[J]. 时代农机,2017,44(3):246-247.
- [6] 张洁,张钟毓. 低温谷物烘干机经济效益分析[J]. 农业装备技术,2012,38(1):28-29.
- [7] 谢飞军. 稻谷机械化烘干与传统人工晾晒成本对比试验研究[J]. 时代农机,2017,44(1):3,5.
- [8] 冯指名,王小萌,谢奇珍,等. 不同烘干工艺参数对玉米品质的影响[J]. 中国粮油学报,2021,36(9):36-41.
- [9] 纪立波. 浅析玉米烘干前后各质量指标变化规律[J]. 食品安全导刊,2021(34):62-64.
- [10] 杨平,郭景勋. 高温烘干对玉米湿法加工的影响[J]. 粮油食品科技,2009,17(2):1-4.