

U.S. GRAINS COUNCIL

2023/2024
玉米出口货物品质报告

U.S. GRAINS COUNCIL



致谢

及时编写一份具有如此深度和广度的报告需要许多个人和组织的参与。美国谷物协会感谢 Centrec 咨询集团有限责任公司的史蒂夫 • 霍芬格（Steve Hofing）、李 • 辛格尔顿 (Lee Singleton)、丽莎 • 埃克尔（Lisa Eckel）和亚历克斯 • 哈维（Alex Harvey）在编写本报告过程中所作的监督与协调工作。同时，报告编写得到了 Centrec 集团专家团队的协助，专家团队外部成员包括洛厄尔 • 希尔（Lowell Hill）博士，马文 • 保尔森（Marvin Paulsen）博士和汤姆 • 惠特克（Tom Whitaker）博士，本协会对他们的分析工作和写作支持深表谢意。此外，我们感谢伊利诺伊州作物改良协会性状保留谷物实验室（IPG Lab）和尚佩恩 - 丹维尔谷物检测机构（CDGI）提供的玉米质量检测服务。

特别感谢美国农业部联邦谷物检验局（FGIS）提供的服务，它们的作用不可替代。FGIS 提供了出口货物样品。FGIS 国际事务办公室协调了取样过程，FGIS 驻地办公室的工作人员、华盛顿州农业厅以及 FGIS 指定的国内官方服务机构收集并提交了构成本报告基础的样品。美国谷物协会对上述机构和人士的拨冗付出表示敬意和感激。

作为美国农业部项目的参与者，美国谷物协会承诺遵守联邦、各州和地方民权法中的非歧视规定及美国农业部的非歧视政策。请访问美国农业部的网站页面（https://www.usda.gov/non-discrimination-statement）了解更多详情。

U.S. GRAINS COUNCIL

1 协会致辞

2 出口货物品质重点提要

4 引言

6 品质检测结果

A. 定级指标 6
B. 化学成分 19
C. 物理指标 29
D. 霉菌毒素 48

59 美国玉米出口系统

A. 美国玉米出口流向 60
B. 玉米销售渠道对品质的影响 61
C. 美国政府检验与定级 63

65 调查和统计分析方法

A. 概要 65
B. 调查设计和抽样 66
C. 统计分析 71

72 检测分析方法

A. 定级指标 72
B. 化学成分 73
C. 物理指标 74
D. 霉菌毒素 75

77 历年数据

85 美国玉米附录信息

BC 美国谷物协会联系信息

协会致辞

在《2023/2024 玉米出口货物品质报告》中，美国谷物协会欣然向您呈现第 13 次年度玉米品质调查结果。

美国谷物协会长期致力于通过贸易促进全球粮食安全和推进共同经济利益。在此过程中间，我们编写了这份报告，及时提供有关美国出口玉米品质的可靠信息，协助买家进行明智决策。

《玉米出口货物品质报告》是美国谷物协会每年发布的两份报告中的第二份，其调查结果基于对 2023/2024 年度初期于国际船运装货点采集的样品的分析，详细说明了 2023 年玉米作物的品质。这份报告及其姊妹报告《2023/2024 玉米收获品质报告》针对美国农业部颁布的定级指标以及未于他处说明的化学成分和其他品质属性进行初探。此系列品质报告均使用透明一致的方法，以便与过去的调查结果进行对比，从而得出更具洞察力的结论。

这份报告是美国谷物协会向我们珍视的贸易伙伴提供的一项服务，推动我们持续践行开发市场、推广贸易和改善生活的使命。

Growing the Future

顺祝商祺

布兰特 • 博伊斯顿
美国谷物协会主席
2024 年 3 月

出口货物品质重点提要

2023 年，美国作物的生长季节条件可以概括为：播种及时、出苗迅速但不均匀、授粉期降雨稀少以及谷物灌浆期高温干旱。不过，得益于此后的充沛降水和天气迅速干燥，作物收获及时，2023/2024 年度用于出口的玉米品质有望保持稳定。为编写《2023/2024 美国谷物协会玉米出口货物品质报告》（2023/2024 出口货物报告）所检测的玉米样品体现了这一天气变化的影响。检测结果显示，玉米样品的平均整体品质在所有定级指标上均高于或等于美国二级玉米，与 5 年平均值[1]相比，具有更高的容重、更完整的颗粒、更少的破碎玉米和杂质（BCFM）。不过，受生长季节后期高温干旱天气的影响，玉米样品的应力裂纹水平高于往年。此外，在黄曲霉毒素含量方面，所有样品的检测结果均低于美国食品药品监督管理局（FDA）的行动水平；在脱氧雪腐镰刀菌烯醇（DON）或呕吐毒素含量方面，所有样品的检测结果均低于 FDA 的建议水平。2023/2024 美国玉米出口样品中，值得关注的整体品质属性如下：

定等级指标

- 平均**容重**（58.1 磅 / 蒲式耳或 74.8 千克 / 百升）高于 2022/2023 年度及 5 年平均值，表明整体品质良好。与 2022/2023 年度 93.3% 的样品相比，多数（91.8%）样品检测达到或高于美国一级玉米标准限值。
- 平均**破碎玉米和杂质含量**（2.5%）低于 2022/2023 年度、5 年平均值和美国二级玉米标准最高限值。从作物收获经销售渠道到出口，破碎玉米和杂质含量预计从 0.5% 增长至 2.5%。
- 出口平均**总损率**（1.7%）低于 2022/2023 年度和 5 年平均值。与 2022/2023 年度的 95.9% 样品相比，多数（98.8%）样品检测达到或低于美国二级玉米标准限值。
- 平均**热损伤**为 0.0%，与 2022/2023 年度及 5 年平均值持平，表明整个销售渠道的玉米干燥和储存管理良好。

化学成分

- **蛋白质**含量（8.9%，干基）高于 2022/2023 年度及 5 年平均值。
- **淀粉**含量（71.8%，干基）低于 2022/2023 年度及 5 年平均值。
- **油脂**含量（3.9%，干基）与 2022/2023 年度持平，但低于 5 年平均值。

[1] 《2018/2019，2019/2020，2020/2021，2021/2022 和 2022/2023 玉米出口货物品质系列报告》中，各项品质要素平均水平或标准偏差的简单平均值。

- 平均**应力裂纹**（16.3%）高于 2022/2023 年度和 5 年平均值。仅有 49.2% 的出口样品的应力裂纹低于 15%；相比之下，2022/2023 年度样品为 90.2%。
- 平均**百粒重**（36.72 克）高于 2022/2023 年度和 5 年平均值，表明 2023/2024 籽粒重于去年和 5 年平均值。
- 平均**籽粒体积** (0.28 cm^3）高于 2022/2023 年度，接近 5 年平均值。
- 平均**真实密度**（1.292 g/cm^3）高于 2022/2023 年度和 5 年平均值。
- 平均**完整颗粒率**（88.0%）高于 2022/2023 年度和 5 年平均值。
- 平均**角质（硬质）胚乳**含量为 86%，高于 2022/2023 年度和 5 年平均值。

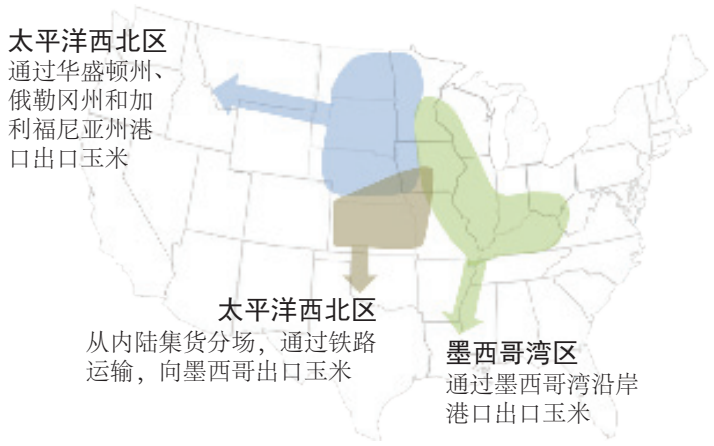
霉菌毒素

- 所有样品检测出的**黄曲霉毒素**含量均低于 FDA 的行动水平 20ppb。2023/2024 年度，共有 91.2% 的出口样品中的黄曲霉毒素含量低于联邦谷物检验局（FGIS）规定的“符合性下限”5.0ppb，比例低于 2022/2023 年度（94.9%）和 2021/2022 年度（97.3%）。
- 所有样品检测出的 **DON** 含量均低于 FDA 的建议水平 5.0ppm，与 2022/2023 年度和 2021/2022 年度持平。2023/2024 年度，93.4% 的出口样品中的 DON 含量低于 1.5ppm，比例低于 2022/2023 年度（98.9%），但高于 2021/2022 年度（100.0%）。
- 2023/2024 年度，97.2% 的出口样品检测出的**伏马菌素**含量均低于 FDA 最严格的指导水平 5.0ppm。
- 美国谷物协会连续第三年针对出口样品中的**赭曲霉毒素 A**、**单端孢菌毒素 (T-2)** 和**玉米赤霉烯酮**含量进行检测。有关详情，请参阅“品质检测结果”一节。

在国外买家就饲料、食品或工业用途的玉米采购合同和加工需求进行决策时，玉米品质信息能够起到重要的参考作用。《2023/2024 出口货物报告》针对本年度初期装运出口的美国大宗黄玉米，提供了精确详实、客观公正的品质信息。本报告提供的玉米品质信息，是在严格遵守美国政府授权许可的抽样流程和检验程序基础之上，针对以水路或铁路运输方式出口的玉米的样品检测所得。

这份《出口货物报告》基于 FGIS 或内陆办公室授权检查人员，在执行玉米出口装运联邦检验和定级过程时采集的 433 份大宗黄玉米样品。样品检测结果按照“美国整体水平”（美国整体）及地图所示的三个出口集中区（ECAs）分别予以展示。

出口集中区



定级指标检测结果也按“美国二级”和“美国三级”的等级分类进行概述，用以说明这两种规格之间的实际品质差异。同时，定级结果按照贸易伙伴指定的装载合同要求的等级类别予以展示，而不是基于样品实际的定级指标检测结果。

本报告提供了检测的每个品质指标的详细信息，包括美国整体和每个出口集中区的平均值、标准偏差和分布情况。“品质检测结果”部分对以下品质要素进行了总结：

- 定级指标：容重、破碎玉米和杂质、总损率和热损伤
- 化学成分：蛋白质、淀粉和油脂含量
- 物理指标：应力裂纹、百粒重、籽粒体积、籽粒真实密度、完整籽粒和角质（硬质）胚乳
- 霉菌毒素：黄曲霉毒素、呕吐毒素、伏马菌素、赭曲霉毒素 A、单端孢菌毒素 (T-2) 和玉米赤霉烯酮

“检测分析方法”一节提供了本报告所使用的检测分析方法的详细信息。

为了获得《2023/2024 出口货物报告》中关于美国整体水平及出口集中区的有效统计结果，FGIS 和内陆办公室从 2023 年 10 月下旬至 2024 年 3 月中旬装载的出口货物中采集了样品，目的在于通过收集足够的样品，估计玉米出口时的品质指标平均值，确保其相对误差不超过美国整体水平的 10%。

从《2022/2023 出口货物报告》开始，当前年度和所有以前年度的墨西哥湾和太平洋西北出口集中区的定级指标检测结果均来自于联邦谷物检验局的《出口谷物报告》。该数据集提供了装运级定级指标和水分数据、贸易伙伴指定的合同等级、装运的公吨数和检验日期。这些数据按照日期进行筛选，确保过滤后的数据符合实物样品收集的时间框架（数据集截止日期为星期四）。同时，由于针对所有装载玉米的船只都进行了抽样，因此几乎所有来自墨西哥湾和太平洋西北出口集中区的船只所装载的玉米都具有完整的定级指标数据，从而最大限度地保证了这些出口集中区装载的玉米的定级指标的平均值具有最佳代表性。[1] 需要特别指出的是，虽然数据集包含来自南部铁路出口集中区的装运信息，但是由于 FGIS 数据集中，以铁路运输方式出口的玉米的定级指标数据往往并不完整，因此本报告继续采用收集的实物样品的定级指标检测结果。在“调查和统计分析方法”一节中，进一步讨论了这一方法的变化和其他统计抽样及分析方法。公众可以通过访问 https://fgisonline.ams.usda.gov/ExportGrainReport/default.aspx 获得年度检验数据。

美国谷物协会通过《2023/2024 出口货物报告》，第十三次向读者呈现年度初期的美国玉米出口品质调查结果。除本年度初期的玉米出口品质报告外，协会还提供历年出口货物报告的调查结果，为利益相关者带来更高的参考价值。13 年的累计数据使买家和其他利益相关者能够进行年度比较，并且根据种植、干燥、传送、储存和运输条件评估玉米的品质情况。

《出口货物报告》并不预测任何货柜或批次的玉米，在装载后或抵达目的地时的实际品质。价值链上的所有参与者都必须了解自己的合同需求及义务。除了等级之外，买卖双方还可以就玉米的其他品质属性在合同中进行约定。包括天气、遗传、混合和谷物干燥与传送等在内的诸多因素，皆会对玉米品质造成复杂的影响。此外，玉米产地、装载到运输工具上的方式和抽样方法等其他因素也会使检测结果出现显著差异。“美国玉米出口系统”一节对玉米从田间到远洋货船或货运车厢这一过程中间的品质变化情况进行了阐述。

2023 年 11 月，美国谷物协会发布了《2023/2024 玉米收获品质报告》。作为本报告的姊妹篇，《2023/2024 收获报告》记述了玉米进入美国销售渠道时的品质情况。读者应同时参考这两份报告，以便了解玉米品质从收获环节到出口环节之间发生的变化。“历年分析”一节通过展示本报告、历年收获报告和出口货物报告的调查结果，阐述了这些变化。

[1] 虽然这种方法使抽样总体几乎涵盖了通过墨西哥湾和太平洋西北出口集中区出口的所有玉米，但 “调查和统计分析方法”一节讨论了部分例外情况。

A. 定级指标

美国农业部联邦谷物检验局（USDA FGIS）已针对多项品质属性建立了数字定级、定义和检验标准。决定玉米数字等级的品质属性包括容重、破碎玉米和杂质（BCFM）、总损率和热损伤。各项特性的数字要求详见本报告的“美国玉米附录资料”一节。

概述：定级指标

- 美国平均总容重（58.1 磅 / 蒲式耳或 74.8 千克 / 百升）高于 2022/2023 年度（58.0 磅 / 蒲式耳）、2021/2022 年度（57.9 磅 / 蒲式耳）、5 年和 10 年平均值（均为 57.5 磅 / 蒲式耳），同时远高于美国一级玉米标准限值（56.0 磅 / 蒲式耳）。
- 出口平均容重持续低于收获平均容重。
- 太平洋西北出口集中区的平均容重持续低于其他出口集中区过去 3 年、5 年和 10 年的平均值。
- 美国平均总破碎玉米和杂质含量（2.5%）低于 2022/2023 年度（2.7%）、2021/2022 年度（2.6%）、5 年平均值（2.8%）和 10 年平均值（2.9%），同时也低于美国二级玉米标准限值（3.0%）。
- 85.6% 的出口样品达到或低于美国二级玉米的破碎玉米和杂质限值（3.0%），99.8% 的出口样品达到或低于美国三级玉米的破碎玉米和杂质限值（4.0%）。
- 南部铁路出口集中区的平均破碎玉米和杂质含量（0.9%）低于墨西哥湾（2.8%）和太平洋西北出口集中区（3.2%）。在三个出口集中区内，南部铁路区的平均破碎玉米和杂质含量在过去 3 年、5 年和 10 年平均值方面，一直处于最低水平。

- 美国平均总损率（1.7%）低于 2022/2023 年度（2.3%）、2020/2021 年度（2.2%）、5 年平均值（2.4%）和 10 年平均值（2.2%），同时也低于美国二级玉米标准限值（5.0%）。
- 90.7% 的出口样品中粒破损率不超过 3%，达到美国一级玉米标准。此外，98.8% 的出口样品中粒破损率达到或低于美国二级玉米标准限值（5.0%）。
- 在三个出口集中区内，太平洋西北区的平均总损率在过去 3 年、5 年和 10 年平均值方面，一直处于最低水平。
- 2023/2024 年度，美国平均总热损伤为 0.0%，与过去 3 年、5 年和 10 年平均值持平。

美国玉米等级和等级要求

		破损粒		
		最高限值		
等级	最低容重 / 蒲式耳（磅）	热损伤（%）	总损率（%）	破碎玉米和杂质（%）
美国一级	56.0	0.1	3.0	2.0
美国二级	54.0	0.2	5.0	3.0
美国三级	52.0	0.5	7.0	4.0
美国四级	49.0	1.0	10.0	5.0
美国五级	46.0	3.0	15.0	7.0

容重

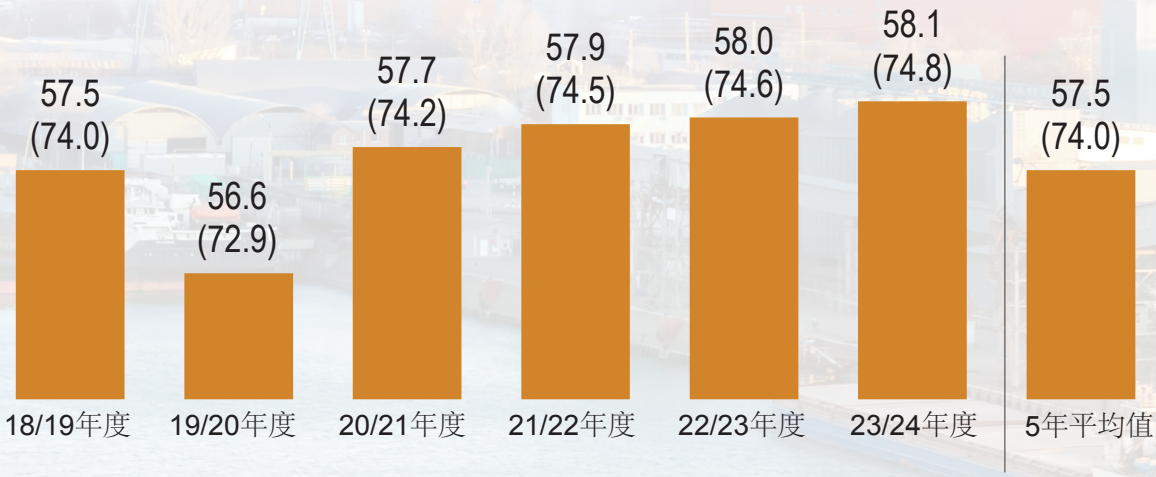
容重（单位体积的重量）是对容积密度的测量。它常被用作衡量玉米整体品质的通用指标以及判断碱式蒸煮和干磨加工时，玉米胚乳硬度的指标。在同等重量条件下，容重高的玉米占用的储存空间少于容重低的玉米。影响玉米容重的根本因素是籽粒结构上的基因差异。不过，容重也与其他因素有关，包括水分含量、干燥速度、籽粒的物理性损坏（破碎籽粒、表面磨损）、样品杂质、籽粒大小和硬度、籽粒成熟度及微生物破坏。在农场取样测量时，若水分含量一定，高容重通常意味着玉米品质好、角质（硬质）胚乳比例高、籽粒完整干净。容重与真实密度正相关，能够反映籽粒硬度和良好的成熟条件。

结果

- 美国平均总容重（58.1 磅 / 蒲式耳或 74.8 千克 / 百升）远高于美国一级玉米标准限值（56.0 磅 / 蒲式耳），同时高于 2022/2023 年度（58.0 磅 / 蒲式耳）、2021/2022 年度（57.9 磅 / 蒲式耳）、5 年和 10 年平均值（均为 57.5 磅 / 蒲式耳）。
- 2023/2024 出口样品偏差为（0.71 磅 / 蒲式耳），接近 2022/2023 年度（0.63 磅 / 蒲式耳）、2021/2022 年度（0.57 磅 / 蒲式耳）、5 年平均值（0.70 磅 / 蒲式耳）和 10 年平均值（0.69 磅 / 蒲式耳）。
- 2023/2024 年度，91.8% 的出口样品的美国平均总容重达到或高于美国一级玉米限值（56.0 磅 / 蒲式耳），100.0% 的出口样品的美国平均总容重达到或高于美国二级玉米限值（54.0 磅 / 蒲式耳）。

容重（磅/蒲式耳，千克/百升）

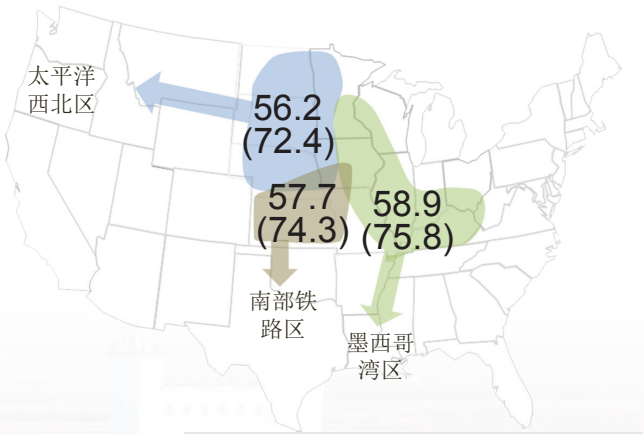
美国平均总容重检测结果



- 美国平均总出口容重（58.1 磅 / 蒲式耳）低于 2023 收获容重（58.4 磅 / 蒲式耳或 75.2 千克 / 百升）。鉴于出口容重 5 年和 10 年平均值均为 57.5 磅 / 蒲式耳，而收获容重 5 年和 10 年平均值均为 58.2 磅 / 蒲式耳，因此可以合理地认为，平均出口容重一直低于平均收获容重。
- 根据标准偏差，2023/2024 出口样品容重变异水平（0.71 磅 / 蒲式耳）低于 2023 收获样品（1.23 磅 / 蒲式耳）。相较于收获容重，玉米在销售渠道中流动混合之后，容重更加趋于一致，标准偏差变下降，容重极差（最大值与最小值之间的差距）变小。
- 太平洋西北出口集中区的平均容重（56.2 磅 / 蒲式耳）低于南部铁路（57.7 磅 / 蒲式耳）和墨西哥湾出口集中区（58.9 磅 / 蒲式耳）。太平洋西北出口集中区的平均容重，在过去 3 年、5 年和 10 年平均值方面，一直低于另外两个出口集中区。
- 在装载出口的“二级”或二级及二级以上的玉米中，其样品的美国平均总容重为57.9磅/蒲式耳；“三级”或三级及三级以上的玉米，其样品的美国平均总容重为 58.0 磅 / 蒲式耳。

容重（磅/蒲式耳，千克/百升）

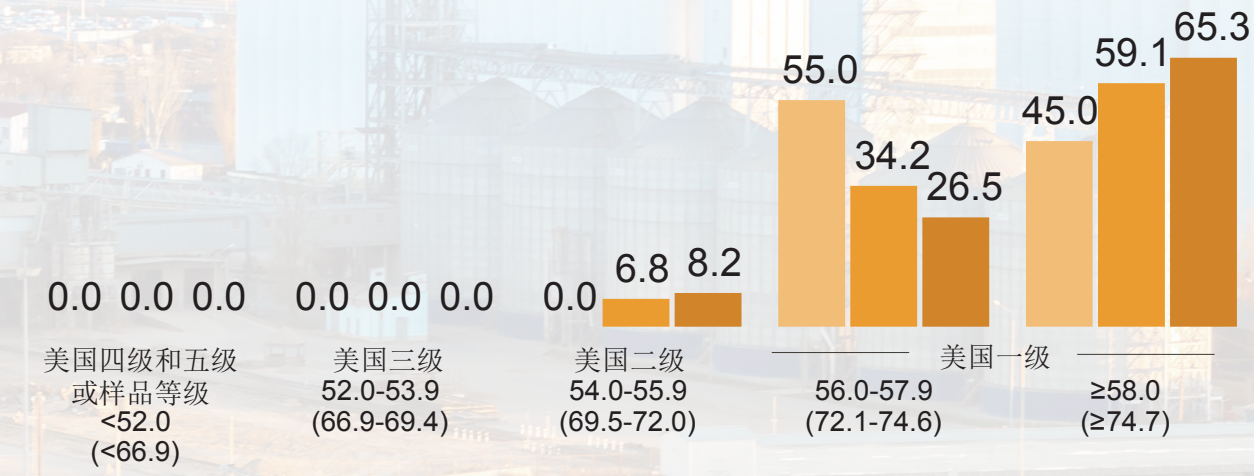
2023/2024年度，各出口集中区的平均值



容重（磅/蒲式耳，千克/百升）

各销售年度的样品百分比

21/22年度 22/23年度 23/24年度



破碎玉米和杂质

破碎玉米和杂质（BCFM）是可用于饲料和加工用途的完整干净玉米的数量指标。破碎玉米和杂质含量越低，样品中的杂质或破碎粒就越少。随着玉米从农场交付开始进入销售渠道，在传送和运输过程中间，每次对谷物的撞击都会增加破碎粒的数量。因此，就大多数玉米装运作业而言，在出口装运点采集的样品的破碎玉米和杂质平均值高于在农场向当地谷仓交付过程中采集的样品的平均值。

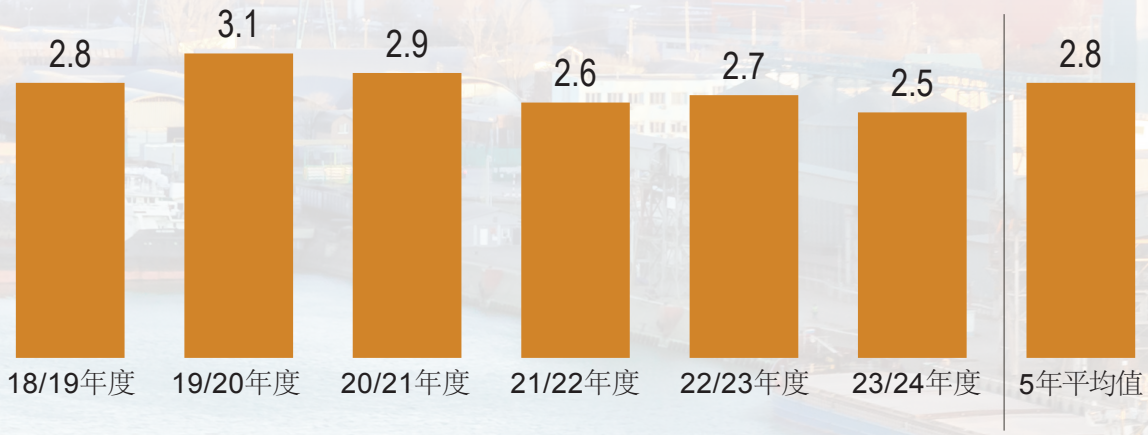
破碎玉米（BC）即指能通过 12/64 英寸圆孔筛，但无法通过 6/64 英寸圆孔筛的玉米和其他物质（如野草种子）。杂质（FM）即指所有无法通过 12/64 英寸圆孔筛的非玉米物质，以及所有可以通过 6/64 英寸圆孔筛的细小物质。

结果

- 出口样品中的美国平均总破碎玉米和杂质（2.5%）低于 2022/2023 年度（2.7%）、2021/2022 年度（2.6%）、5 年平均值（2.8%）和 10 年平均值（2.9%），同时也低于美国二级玉米限值（3.0%）
- 2023/2024 出口样品破碎玉米和杂质变异水平（标准偏差 0.61%）接近 2022/2023 年度（0.41%）、2021/2022 年度（0.56%）、5 年平均值（0.54%）和 10 年平均值（0.54%）。数值极差（3.8%）处于 2022/2023 年度（3.1%）和 2021/2022 年度（4.1%）的中间水平。
- 在 2022/2023 年度，85.6% 的出口样品的 BCFM 达到或低于美国二级玉米限值（3.0%），99.8% 的出口样品的 BCFM 达到或低于美国三级玉米限值（4.0%）

破碎玉米和杂质（%）

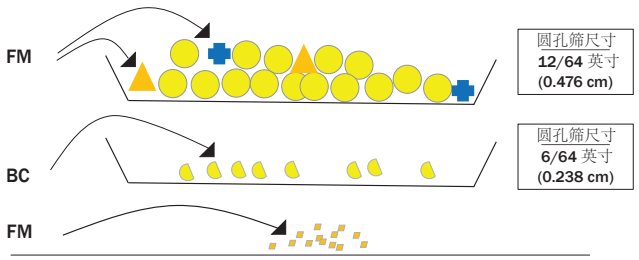
美国整体结果



- 美国平均总出口破碎玉米和杂质含量（2.5%）比收获时（0.5%）增长了两个百分点。出口破碎玉米和杂质的5年平均值和10年平均值，相较于收获时，分别增长了2.0%和2.1%。破碎玉米和杂质含量的增长，可能是由于人工干燥作业以及玉米在销售渠道流通时，运输工具和传送设备造成的额外撞击导致的破碎玉米数量增加。
- 南部铁路出口集中区的平均破碎玉米和杂质含量（0.9%）低于墨西哥湾（2.8%）和太平洋西北出口集中区（3.2%）。南部铁路出口集中区的平均破碎玉米和杂质含量，在过去3年、5年和10年平均值方面，一直处于最低水平。
- 在装载的出口的“二级”或二级及二级以上的玉米中，其样品的美国总破碎玉米和杂质含量为2.5%；“三级”或三级及三级以上的玉米，其样品的美国总破碎玉米和杂质含量为3.0%。

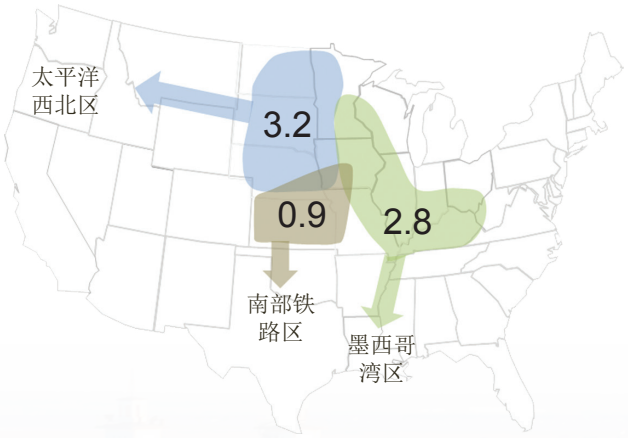
破碎玉米和杂质（%）

破碎玉米和杂质（按重量百分比计算）



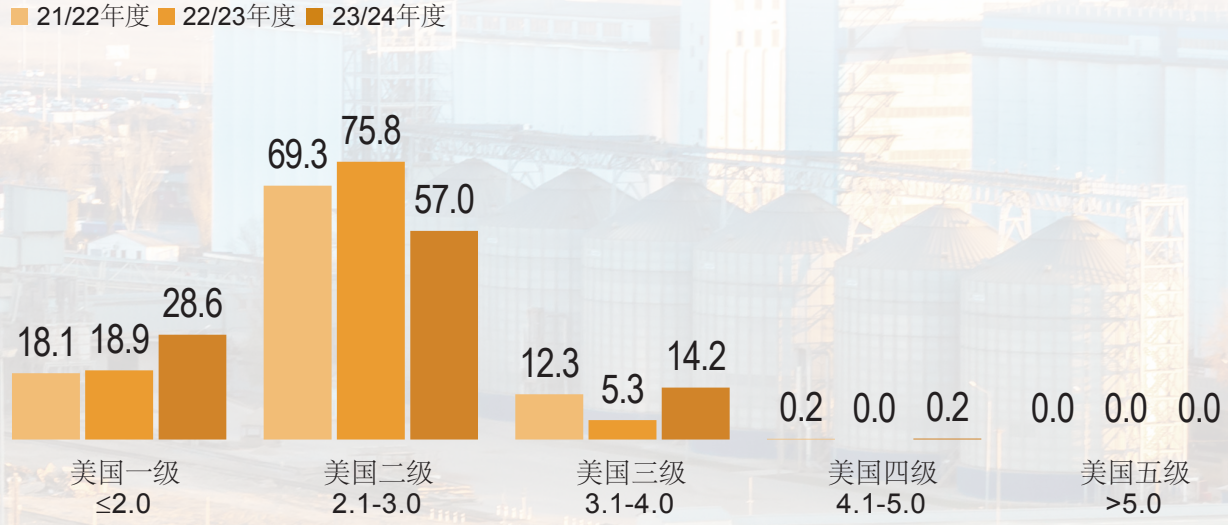
破碎玉米和杂质（%）

2023/2024年度，各出口集中区的平均值



破碎玉米和杂质（%）

各销售年度样品的百分比



总损率

总损率是指外观具有某种可见损伤的玉米籽粒和籽粒碎片的比例，包括霉变损伤、霜冻损伤、虫害损伤、发芽损伤、病害损伤、天气损伤、土壤损伤、胚芽损伤和热损失。其中大部分损伤会导致籽粒的颜色或或结构发生变化。损伤不包括外观正常的破碎籽粒。

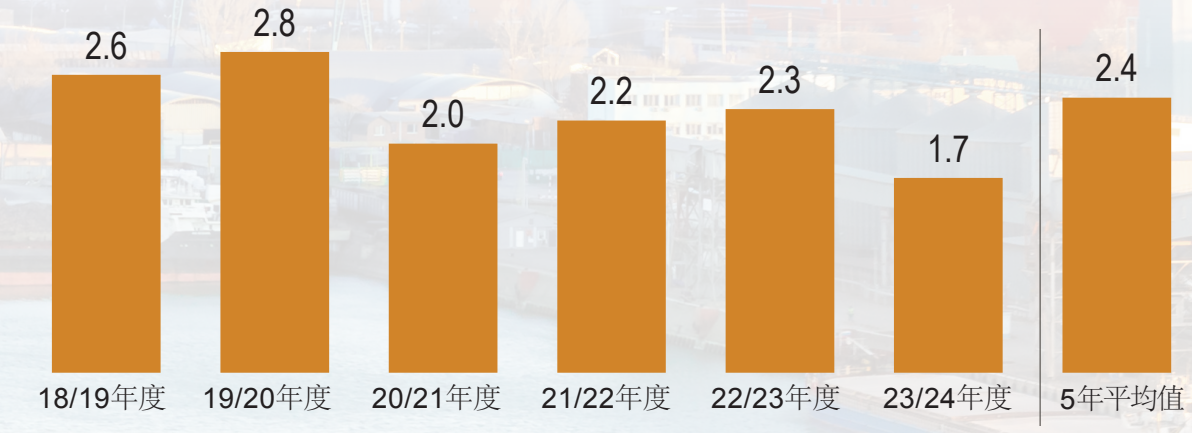
霉变损伤通常与生长或储存过程中的高温潮湿天气与环境条件有关。在玉米生长时期内，色二孢茎腐病、曲霉菌、镰刀霉和赤霉菌等田间霉菌，在天气条件适宜的情况下，会迅速滋生繁殖，进而导致籽粒发生霉变。尽管某些导致霉变损伤的真菌也会产生霉菌毒素，但是并非所有真菌都会产生霉菌毒素。玉米经过干燥降温处理之后，可以减少霉变发生的可能。

结果

- 美国平均总损率（1.7%）低于 2022/2023 年度（2.3%）、2020/2021 年度（2.2%）、5 年平均值（2.4%）和 10 年平均值（2.2%），同时也低于美国二级玉米标准限值（5.0%）。
- 如标准偏差（0.86%）所示，2023/2024 出口样品总损率变异水平低于 2022/2023 年度（1.53%）、2021/2022 年度（1.27%）和 5 年平均值（1.05%），与 10 年年平均值（0.85%）相近。2023/2024 出口样品总损率范围（0.1% 至 11.1%）小于 2022/2023 年度（0.2% 至 31.1%）和 2021/2022 年度（0.2% 至 12.6%）。

总损率（%）

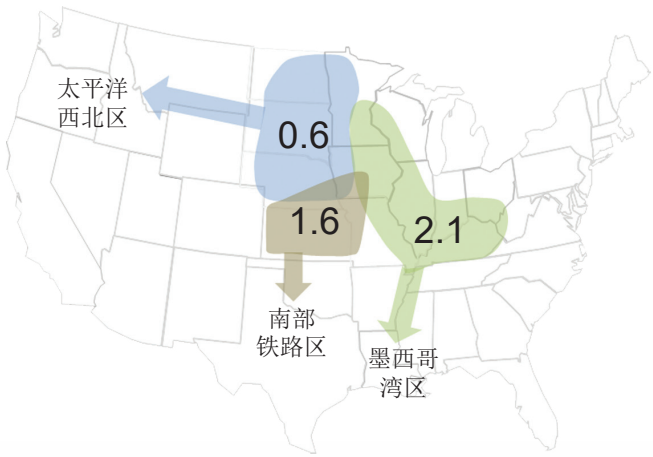
美国整体结果



- 90.7% 的出口样品籽粒受损率不超过 3%，达到美国一级玉米标准。此外，98.8% 的出口样品籽粒受损率达到或低于美国二级玉米标准限值（5.0%）
- 出口时销售渠道的平均总损率（1.7%）高于收获时的平均水平（0.9%）。从收获环节到出口环节之间，总损率通常呈上升趋势。出口 5 年平均值（2.4%）比收获 5 年平均值（1.5%）高出 0.9 个百分点；出口 10 年平均值（2.2%）比收获 10 年平均值（1.5%）高出 0.7 个百分点。在储存过程中，特别是在谷物仓或运输货柜中有高水分的喷口线的情况下，总损率可能会增加。
- 太平洋西北出口集中区的平均总损率（0.6%）低于墨西哥湾（2.1%）和南部铁路出口集中区（1.6%）。在三个出口集中区内，太平洋西北区的平均总损率在过去 3 年、5 年和 10 年平均值方面，一直处于最低水平。
- 在装载出口的二级、或二级及以上的玉米中，其样品的平均总损率为 1.8%；三级、或三级及以上的玉米，其样品的美国平均总损率为 2.0%。

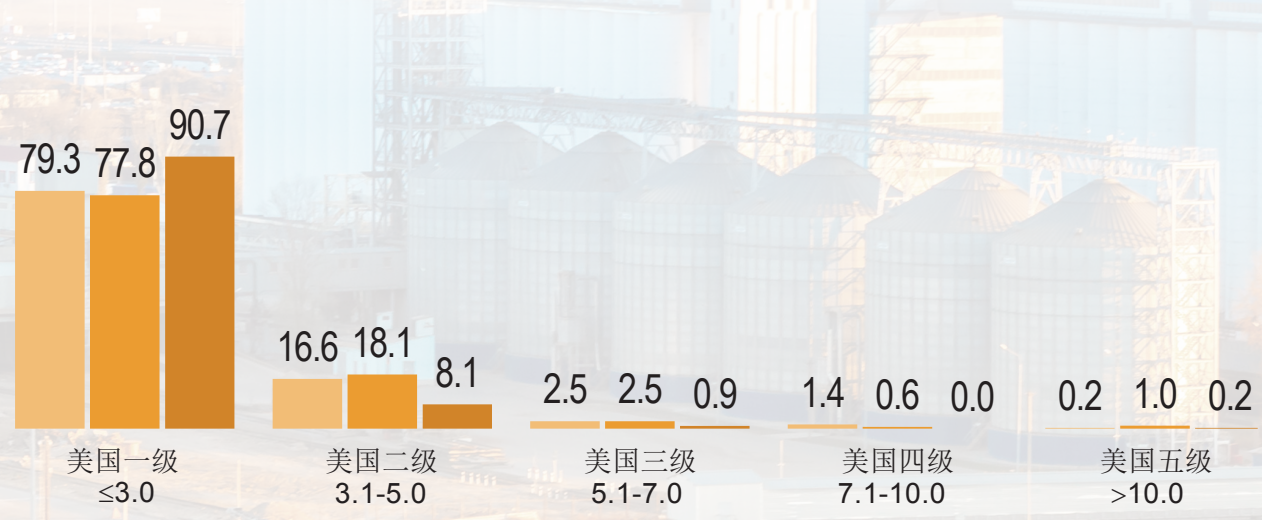
总损率（%）

2023/2024 年度，各出口区的平均值



总损率（%）

各销售年度样品的百分比



热损伤

热损伤是玉米等级中，定级指标总损率的一个子集，在美国等级标准中有单独的允许值。温暖潮湿的谷物中的微生物活动或干燥作业过程中的高温均可能导致玉米出现热损伤。低水平热损伤也可表示玉米已经过干燥处理，并在适当的水分含量和温度条件下进行储存，能够有效防止销售渠道中出现的损伤。

结果

- 2023/2024 年度，美国平均总热损伤为 0.0%，与 2022/2023 年度、2021/2022 年度、5 年和 10 年平均值持平。
- 所有平均值均低于美国一级玉米标准限值（0.1%），表明在整个销售渠道内，玉米干燥和储存管理出色。

U.S. GRAINS COUNCIL

总结：定级指标

2023/2024 出口货物						2022/2023 出口货物					2021/2022 出口货物				
	样品数量	平均值	标准偏差	最小值	最大值	样品数量	平均值	标准偏差	最小值	最大值	样品数量	平均值	标准偏差	最小值	最大值
美国整体						**美国整体**					**美国整体**				
容重（磅 / 蒲式耳）	381	58.1	0.71	54.8	60.8	297	58.0*	0.63	55.6	61.3	426	57.9*	0.57	56.0	59.9
容重（千克 / 百升）	381	74.8	0.91	70.5	78.2	297	74.6*	0.81	71.6	78.9	426	74.5*	0.73	72.1	77.1
破碎玉米和杂质 (%)	389	2.5	0.61	0.3	4.1	300	2.7*	0.41	0.8	3.9	426	2.6*	0.56	0.3	4.4
总损率 (%)	389	1.7	0.86	0.1	11.1	300	2.3*	1.53	0.2	31.1	426	2.2*	1.27	0.2	12.6
热损伤 (%)	389	0.0	0.01	0.0	0.2	300	0.0	0.00	0.0	0.1	426	0.0	0.01	0.0	0.1
墨西哥湾区						**墨西哥湾区**					**墨西哥湾区**				
容重（磅 / 蒲式耳）	239	58.9	0.58	56.2	60.8	193	58.7*	0.59	57.0	61.3	292	58.3*	0.58	56.4	59.9
容重（千克 / 百升）	239	75.8	0.75	72.4	78.2	193	75.5*	0.76	73.3	78.9	292	75.0*	0.75	72.5	77.1
破碎玉米和杂质 (%)	239	2.8	0.62	0.7	4.1	193	2.9	0.49	0.8	3.9	292	2.7	0.50	0.6	4.0
总损率 (%)	239	2.1	0.75	0.4	4.6	193	2.8*	1.13	0.8	6.8	292	2.5*	1.21	0.4	6.9
热损伤 (%)	239	0.0	0.01	0.0	0.1	193	0.0	0.01	0.0	0.1	292	0.0	0.01	0.0	0.1
太平洋西北区						**太平洋西北区**					**太平洋西北区**				
容重（磅 / 蒲式耳）	65	56.2	0.76	54.8	58.7	20	56.4	0.49	55.6	57.4	58	57.1*	0.44	56.0	58.0
容重（千克 / 百升）	65	72.4	0.98	70.5	75.6	20	72.6	0.63	71.6	73.8	58	73.5*	0.57	72.1	74.7
破碎玉米和杂质 (%)	65	3.2	0.56	2.1	4.0	20	2.9*	0.18	2.6	3.4	58	3.1	0.59	1.8	4.0
总损率 (%)[1]	65	0.6	0.41	0.1	2.2	20	0.6	0.32	0.2	1.5	58	0.8*	0.52	0.2	2.7
热损伤 (%)	65	0.0	0.01	0.0	0.1	20	0.0	0.00	0.0	0.0	58	0.0	0.01	0.0	0.1
南部铁路区						**南部铁路区**					**南部铁路区**				
容重（磅 / 蒲式耳）	77	57.7	1.04	55.4	60.1	84	58.0	0.95	55.7	59.9	76	57.6	0.69	56.1	59.0
容重（千克 / 百升）	77	74.3	1.34	71.3	77.4	84	74.7	1.23	71.7	77.1	76	74.2	0.89	72.2	75.9
破碎玉米和杂质 (%)[1]	85	0.9	0.63	0.3	3.9	87	1.8*	0.52	0.9	3.3	76	1.9*	0.72	0.3	4.4
总损率 (%)[1]	85	1.6	1.67	0.1	11.1	87	3.3*	4.54	0.2	31.1	76	3.2*	2.51	0.2	12.6
热损伤 (%)	85	0.0	0.03	0.0	0.2	87	0.0	0.00	0.0	0.0	76	0.0	0.01	0.0	0.1

* 基于 95% 置信水平下的双尾 t 检验，平均值与当前年度《出口货物报告》中的数据之间存在重大差异。

[1] 预测总体平均值的相对误差超过 10.0%

总结：定级指标

	5 年平均值（18/19-22/23）			10 年平均值（13/14-22/23）		
	样品数量	平均值	标准偏差	样品数量	平均值	标准偏差
美国整体						
容重（磅 / 蒲式耳）	1,926	57.5*	0.70	3,852	57.5*	0.69
容重（千克 / 百升）	1,926	74.0*	0.90	3,852	74.0*	0.88
破碎玉米和杂质 (%)	1,929	2.8*	0.54	3,855	2.9*	0.54
总损率 (%)	1,929	2.4*	1.05	3,855	2.2*	0.85
热损伤 (%)	1,929	0.0	0.01	3,855	0.0	0.01
墨西哥湾区						
容重（磅 / 蒲式耳）	1,327	58.2*	0.64	2,804	58.0*	0.64
容重（千克 / 百升）	1,327	75.0*	0.83	2,804	74.7*	0.82
破碎玉米和杂质 (%)	1,327	2.8	0.53	2,804	2.9*	0.54
总损率 (%)	1,327	2.9*	0.99	2,804	2.7*	0.84
热损伤 (%)	1,327	0.0*	0.02	2,804	0.0	0.01
太平洋西北区						
容重（磅 / 蒲式耳）	226	55.8*	0.68	433	55.8*	0.71
容重（千克 / 百升）	226	71.9*	0.87	433	71.9*	0.92
破碎玉米和杂质 (%)	226	3.3	0.54	433	3.3	0.55
总损率 (%)	226	1.0*	0.47	433	0.8*	0.40
热损伤 (%)	226	0.0	0.01	433	0.0	0.00
南部铁路区						
容重（磅 / 蒲式耳）	373	57.6	0.92	615	57.7	0.83
容重（千克 / 百升）	373	74.2	1.18	615	74.2	1.07
破碎玉米和杂质 (%)	376	2.0*	0.57	618	2.1*	0.56
总损率 (%)	376	2.7*	2.06	618	2.6*	1.50
热损伤 (%)	376	0.0	0.00	618	0.0	0.00

** 基于 95% 置信水平下的双尾 t 检验，平均值与当前年度《出口货物报告》中的数据之间存在重大差异。

总结：定级指标

	2023/2024 出口货物样品 美国二级					2023/2024 出口货物样品 美国三级					2023 收获				
	样品数量	平均值	标准偏差	最小值	最大值	样品数量	平均值	标准偏差	最小值	最大值	样品数量	平均值	标准偏差	最小值	最大值
美国整体						**美国整体**					**美国整体**				
容重（磅 / 蒲式耳）	228	57.9	0.62	54.8	60.2	70	58.0	0.59	55.2	60.1	596	58.4**	1.23	46.4	63.0
容重（千克 / 百升）	228	74.6	0.80	70.5	77.5	70	74.6	0.77	71.0	77.4	596	75.2**	1.58	59.7	81.1
破碎玉米和杂质 (%)	228	2.5	0.39	1.0	3.0	70	3.0*	1.00	1.0	4.1	608	0.5**	0.45	0.0	5.9
总损率 (%)	228	1.8	0.81	0.1	4.6	70	2.0	1.09	0.1	6.5	588	0.9**	0.88	0.0	26.0
热损伤 (%)	228	0.0	0.01	0.0	0.1	70	0.0*	0.00	0.0	0.0	588	0.0	0.00	0.0	0.0
墨西哥湾区						**墨西哥湾区**					**墨西哥湾区**				
容重（磅 / 蒲式耳）	183	58.9	0.47	57.4	60.2	34	58.9	0.63	57.9	60.1	543	58.6**	1.26	46.4	63.0
容重（千克 / 百升）	183	75.8	0.61	73.9	77.5	34	75.8	0.81	74.5	77.4	543	75.4**	1.62	59.7	81.1
破碎玉米和杂质 (%)	183	2.8	0.33	1.0	3.0	34	3.0	1.06	1.0	4.1	554	0.6**	0.51	0.0	5.9
总损率 (%)	183	2.2	0.74	0.7	4.6	34	1.9*	0.69	0.8	4.4	540	1.0**	0.92	0.0	15.8
热损伤 (%)	183	0.0	0.01	0.0	0.1	34	0.0	0.00	0.0	0.0	540	0.0	0.00	0.0	0.0
太平洋西北区						**太平洋西北区**					**太平洋西北区**				
容重（磅 / 蒲式耳）	34	56.3	0.89	54.8	58.7	31	56.2	0.58	55.2	57.2	245	57.6**	1.03	53.4	62.2
容重（千克 / 百升）	34	72.5	1.15	70.5	75.6	31	72.3	0.75	71.0	73.6	245	74.2**	1.33	68.7	80.1
破碎玉米和杂质 (%)	34	2.8	0.27	2.1	3.0	31	3.7*	0.43	2.2	4.0	253	0.5**	0.31	0.0	3.5
总损率 (%)[1]	34	0.5	0.37	0.1	2.2	31	0.6	0.44	0.1	2.2	240	0.6	0.73	0.0	26.0
热损伤 (%)	34	0.0	0.02	0.0	0.1	31	0.0	0.00	0.0	0.0	240	0.0	0.00	0.0	0.0
南部铁路区						**南部铁路区**					**南部铁路区**				
容重（磅 / 蒲式耳）	11	56.8	0.78	56.4	59.9	5	57.0	0.51	56.9	58.4	357	58.7**	1.35	46.4	63.0
容重（千克 / 百升）	11	73.2	1.00	72.6	77.1	5	73.3	0.66	73.2	75.2	357	75.6**	1.74	59.7	81.1
破碎玉米和杂质 (%)[1]	11	1.4	0.72	1.6	3.0	5	2.0	1.41	2.2	3.1	364	0.5**	0.46	0.0	5.9
总损率 (%)[1]	11	2.2	1.47	0.3	4.6	5	3.6	2.97	0.3	6.5	355	0.9**	0.94	0.0	26.0
热损伤 (%)	11	0.0	0.00	0.0	0.0	5	0.0	0.00	0.0	0.0	355	0.0	0.00	0.0	0.0

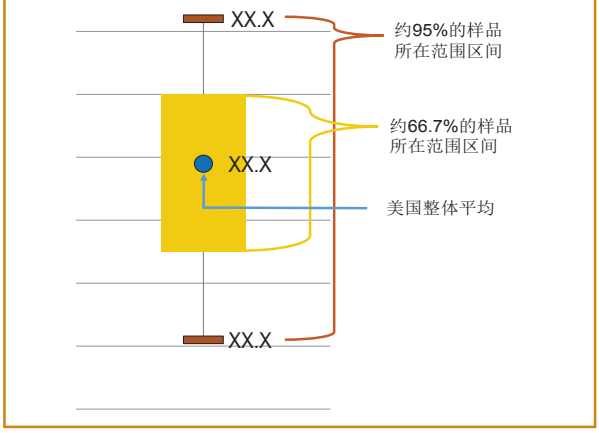
** 基于 95% 置信水平下的双尾 t 检验，当前年度《出口货物报告》中的平均值与玉米收获时的平均值之间存在重大差异。

[1] 由于出口集中区的检测结果为综合统计数据，三个出口集中区的样品数量之和大于美国整体样品数量。

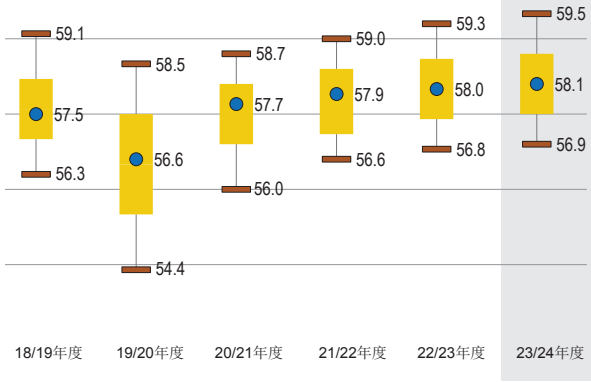
定级指标

六年整体情况比较

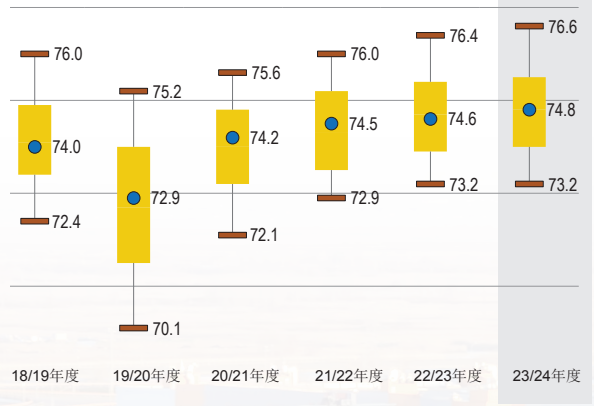
如何解读图表



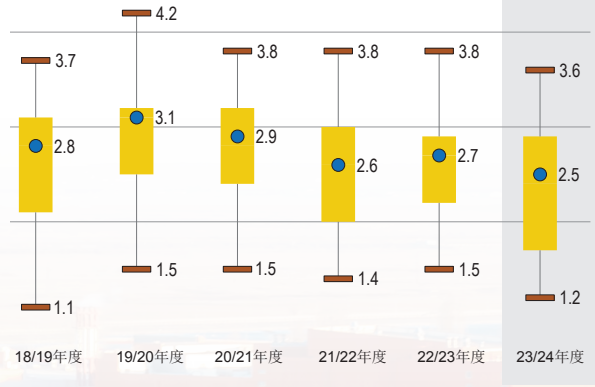
容重（磅/蒲式耳）



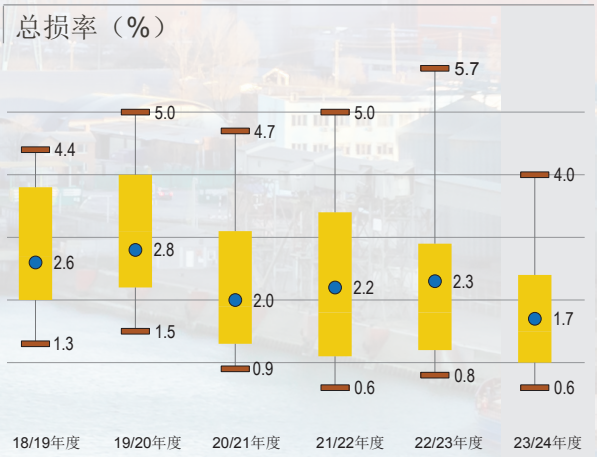
容重（千克/百升）



破碎玉米和杂质（%）



总损率（%）



B. 化学成分

玉米的化学成分主要包括蛋白质、淀粉和油脂。尽管这些特性并非定级指标，但却与终端用户的切身利益密切相关。各项化学成分检测结果为畜禽饲养、湿磨加工和其他玉米加工行业提供了营养价值的额外信息。与许多物理指标不同，化学成分含量在储存和转运过程中不会发生显著变化。

概述：化学成分

- 美国整体平均出口蛋白质含量（8.9%）高于 2022/2023 年度（8.7%）、2021/2022 年度（8.6%）、5 年平均值（8.5%）和 10 年平均值（8.5%）。
- 美国整体平均出口淀粉含量（71.8%）低于 2022/2023 年度（71.9%）、2021/2022 年度（72.0%）、5 年平均值（72.1%）和 10 年平均值（72.6%）。同时，本年度的玉米平均淀粉含量也低于 2023 年收获样品的平均淀粉含量（71.9%）
- 2023/2024 年度，美国整体平均油脂含量为 3.9%，与 2022/2023 年度持平。2023/2024 年度的平均油脂含量与 2021/2022 年度（3.9%）相比，存在统计学差异（较高）；与 5 年和 10 年平均值（均为 3.9%）相比，亦存在统计学差异（较低）。
- 收获样品的蛋白质、淀粉和油脂含量的标准方差分别为 0.56%，0.61% 和 0.23%；相比之下，出口样品的蛋白质、淀粉和油脂含量的标准方差分别为 0.33%、0.38% 和 0.14%，处于较低水平。

蛋白质

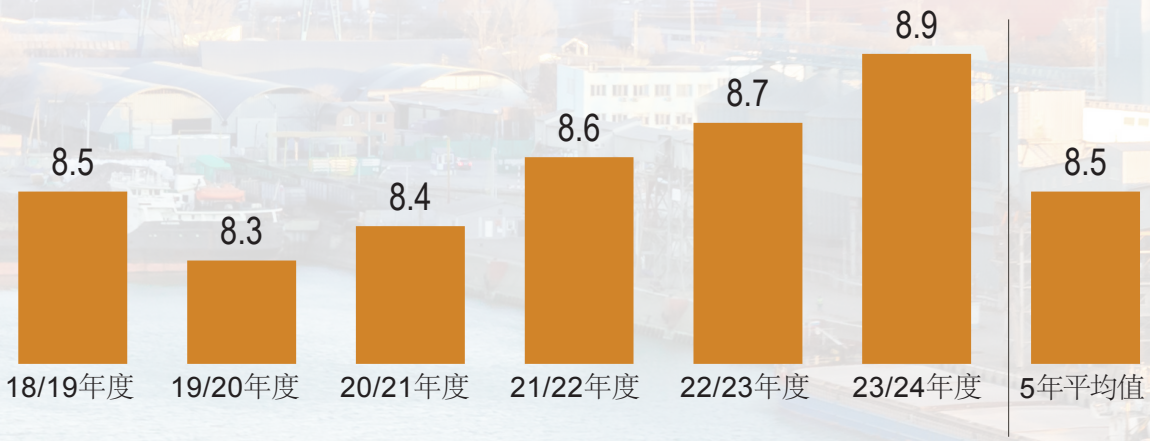
蛋白质对于畜禽饲养行业至关重要，因为它可以提供动物必需的含硫氨基酸，同时有助于提高饲料转化率。随着土壤中可利用的氮含量减少以及作物的多年高产，玉米中的蛋白质含量呈下降趋势。就单一样品而言，蛋白质含量与淀粉含量通常呈负相关。检测结果建立在干基法基础之上。

结果

- 2023/2024 年度，美国整体平均蛋白质含量（8.9%）高于 2022/2023 年度（8.7%）、2021/2022 年度（8.6%）、5 年平均值（8.5%）和 10 年平均值（8.5%）
- 如标准偏差（0.33%）所示，2023/2024 出口样品蛋白质含量变异水平接近 2022/2023 年度（0.34%）、2021/2022 年度（0.37%）、5 年平均值（0.34%）和 10 年平均值（0.31%）。
- 2023/2024 年度，出口样品平均蛋白质含量（8.9%）高于 2023 年收获样品的平均值（8.8%）。

淀粉（干基，%）

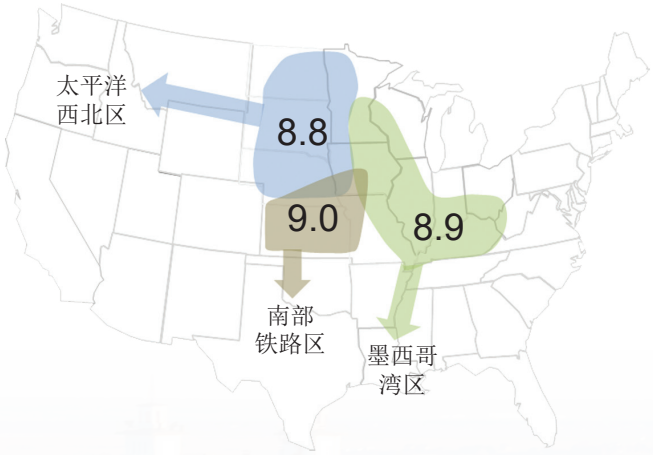
美国整体结果



- 相较于 2023 年的收获样品（标准方差为 0.56%），2023/2024 年度的出口样品（标准方差为 0.33%）更具一致性。此外，2023/2024 年度出口样品的蛋白质含量范围（8.0% 至 10.0%）小于收获样品（6.9% 至 12.8%）。出口样品更具一致性的部分原因在于，当玉米从多个产地聚集混合之后，变得更加均质化。
- 2023/2024 年度，37.8% 的出口样品的蛋白质含量达到或高于 9.0%；相比之下，2022/2023 年度样品为 19.9%，2021/2022 年度为 21.6%。
- 在三个出口集中区内，南部铁路区的平均蛋白质含量最高（9.0%），其次是墨西哥湾区（8.9%）和太平洋西北区（8.8%）。

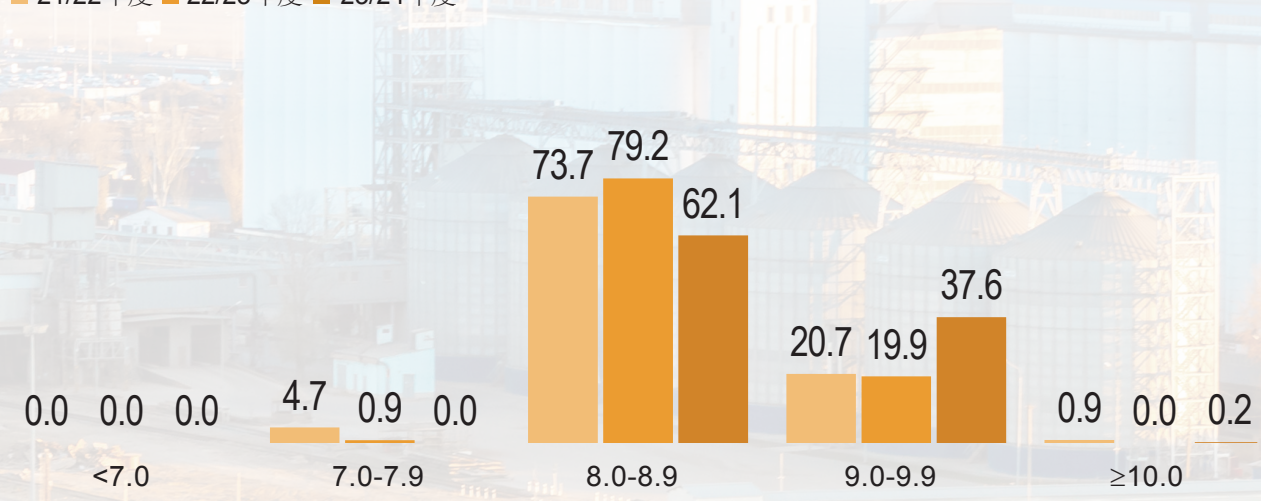
蛋白质（干基，%）

2023/2024 年度，各出口集中区的平均值



蛋白质（干基，%）

各销售年度的样品百分比



淀粉

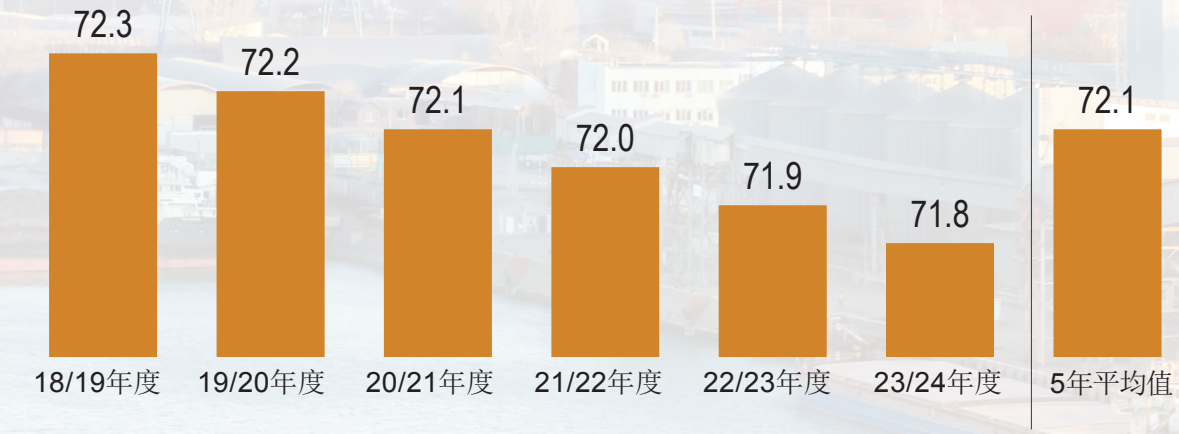
淀粉是湿法玉米加工者和干磨法乙醇生产者的重要考量因素。高淀粉含量往往意味着玉米的生长条件较好，且籽粒饱满、密度适当。就单一样品而言，淀粉含量与蛋白含量通常呈负相关。检测结果建立在干基法基础之上。

结果

- 美国整体平均淀粉含量（71.8%）低于 2022/2023 年度（71.9%）、2021/2022 年度（72.0%）、5 年平均值（72.1%）和 10 年平均值（72.6%），同时也低于 2023 年收获样品的美国整体平均含量（72.6%）。
- 如标准偏差（0.38%）所示，2023/2024 年度出口样品淀粉含量变异水平低于 2022/2023 年度（0.51%），接近 2021/2022 年度（0.40%）、5 年平均值（0.41%）和 10 年平均值（0.44%）。此外，2023/2024 年度出口样品的淀粉含量范围（70.1% 至 72.8%）小于 2022/2023 年度（69.5% 至 77.1%）和 2021/2022 年度（70.2 至 73.2%）。

淀粉（干基，%）

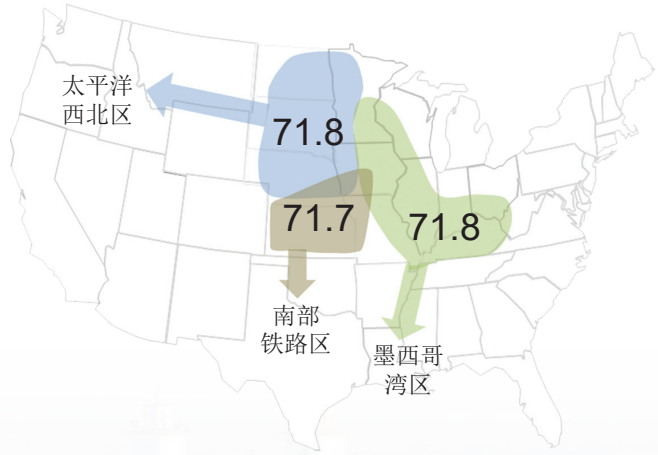
美国整体结果



- 2023/2024 年度，出口样品标准偏差（0.38%）低于 2023 年收获样品的标准偏差（0.61%）。如标准偏差所示，出口样品淀粉含量平均值的变异水平通常小于收获样品。
- 32.1% 的出口样品的淀粉含量达到或高于 72.0%；相比之下，2022/2023 年度为 48.3%，2021/2022 年度为 55.4%。
- 在三个出口集中区内，墨西哥湾区和太平洋西北区的平均淀粉含量均为 71.8%，高于南部铁路区（71.7%）。

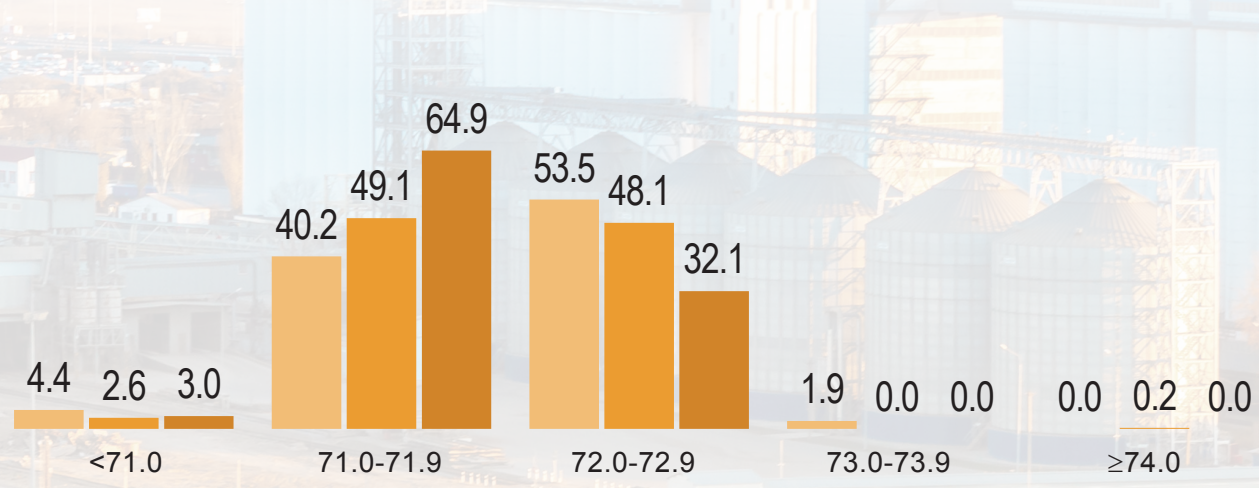
淀粉（干基，%）

2023/2024 年度，各出口集中区的平均值 A



淀粉（干基，%）

各销售年度的样品百分比



油脂

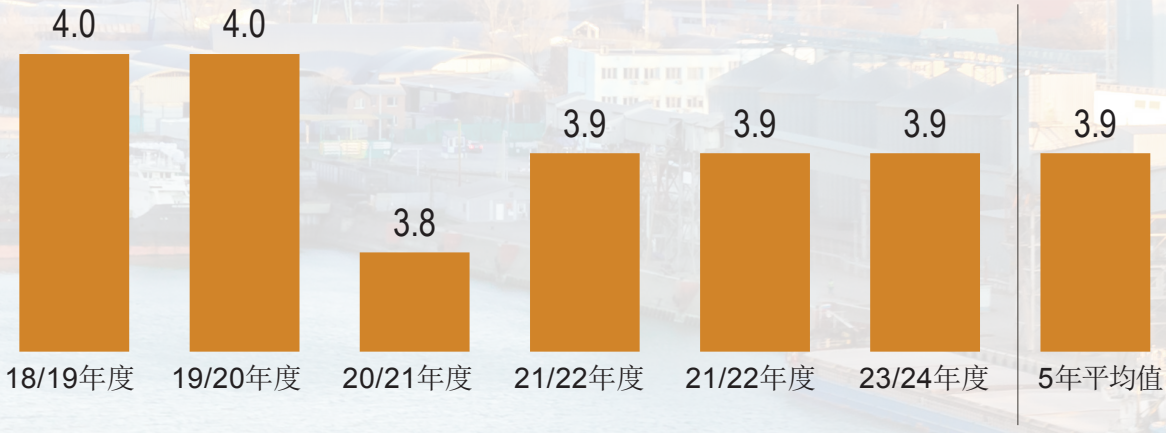
油脂是畜禽饲料配方中的关键成分。它是能量的来源，能够促进脂溶性维生素的吸收，提供必需的脂肪酸。油脂也是玉米干湿法加工的一种重要副产品。检测结果建立在干基法基础之上。

结果

- 2023/2024 年度，美国整体平均油脂含量为 3.9%，与 2022/2023 年度持平。2023/2024 年度的平均油脂含量与 2021/2022 年度（3.9%）相比，存在统计学差异（较高）；与 5 年和 10 年平均值（均为 3.9%）相比，亦存在统计学差异（较低）。
- 2023/2024 年度，出口样品的标准偏差（0.14%）低于 2022/2023 年度（0.19%），接近 2021/2022 年度（0.15%）、5 年平均值（0.15%）和 10 年平均值（0.17%）
- 2023/2024 年度，出口样品的平均油脂含量（3.9%）高于 2023 年的收获样品（3.8%）。出口时的标准偏差（0.14%）低于收获时的标准偏差（0.23%）。从收获环节到出口环节之间，平均油脂含量通常只会发生小幅度变化；不过，如标准偏差所示，出口时的样品油脂含量变异水平通常低于收获时的水平。

油脂（干基，%）

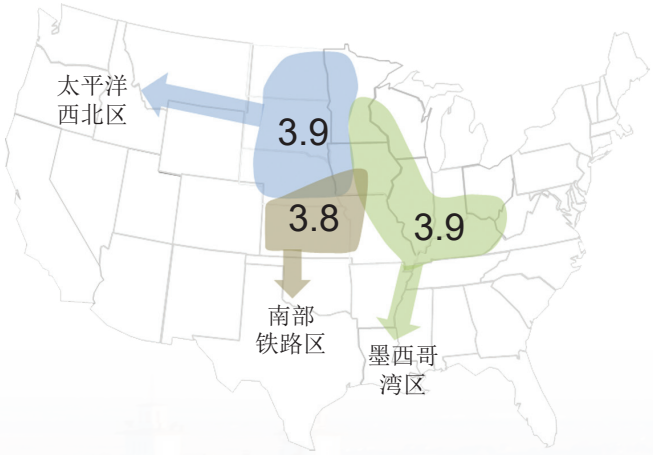
美国整体结果



- 2023/2024 年度，27.2% 的出口样品的油脂含量达到或高于 4.0%；相比之下，2022/2023 年度为 38.1%，2021/2022 年度为 24.5%。
- 在三个出口集中区内，墨西哥湾区和太平洋西北区的平均油脂含量均为 3.9%，南北铁路区的平均油脂含量为 3.8%。
- 在过去 3 年、5 年和 10 年平均值方面，三个出口集中区的平均油脂含量差异范围为 0.0 至 0.1%。

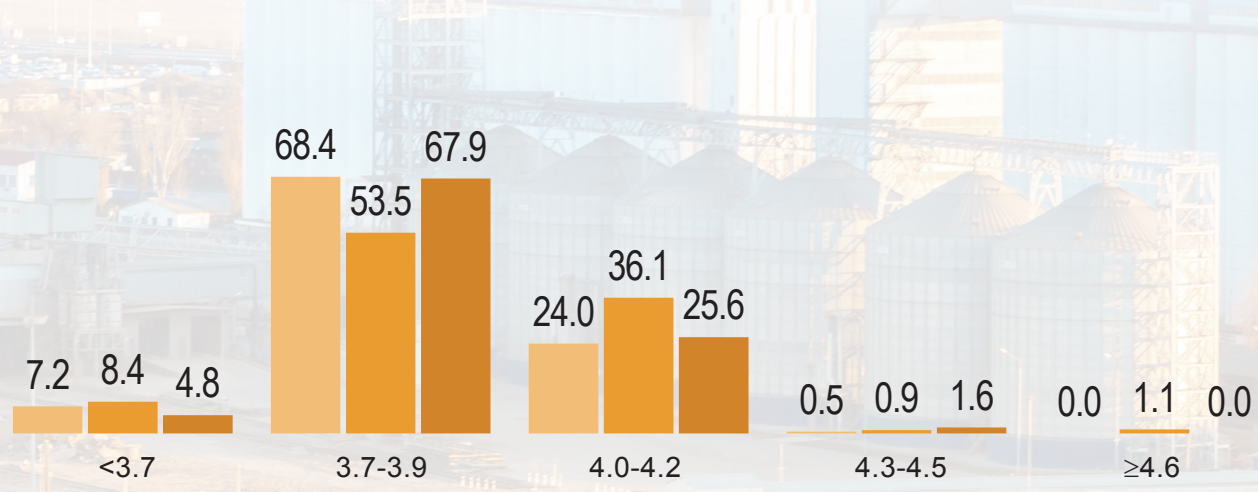
油脂（干基，%）

2023/2024 年度，各出口集中区的平均值



油脂（干基，%）

各销售年度的样品百分比



总结：化学成分

2023/2024 出口货物					
	样品数量	平均值	标准偏差	最小值	最大值
美国整体					
蛋白质（干基，%）	433	8.9	0.33	8.0	10.0
淀粉（干基，%）	433	71.8	0.38	70.1	72.8
油脂（干基，%）	433	3.9	0.14	3.5	4.4
墨西哥湾区					
蛋白质（干基，%）	246	8.9	0.30	8.0	9.7
淀粉（干基，%）	246	71.8	0.35	70.1	72.6
油脂（干基，%）	246	3.9	0.13	3.6	4.4
太平洋西北区					
蛋白质（干基，%）	102	8.8	0.32	8.0	9.8
淀粉（干基，%）	102	71.8	0.41	70.5	72.4
油脂（干基，%）	102	3.9	0.14	3.5	4.4
南部铁路区					
蛋白质（干基，%）	85	9.0	0.43	8.2	10.0
淀粉（干基，%）	85	71.7	0.46	70.7	72.8
油脂（干基，%）	85	3.8	0.15	3.5	4.2

2022/2023 出口货物					
	样品数量	平均值	标准偏差	最小值	最大值
美国整体					
蛋白质（干基，%）	462	8.7*	0.34	7.7	9.9
淀粉（干基，%）	462	71.9*	0.51	69.5	77.1
油脂（干基，%）	462	3.9	0.19	3.2	4.9
墨西哥湾区					
蛋白质（干基，%）	249	8.7*	0.32	7.7	9.7
淀粉（干基，%）	249	72.0*	0.57	69.5	77.1
油脂（干基，%）	249	3.9*	0.22	3.2	4.9
太平洋西北区					
蛋白质（干基，%）	138	8.7	0.35	8.0	9.9
淀粉（干基，%）	138	71.7	0.42	70.4	72.7
油脂（干基，%）	138	3.9*	0.15	3.6	4.9
南部铁路区					
蛋白质（干基，%）	75	8.8*	0.41	7.8	9.7
淀粉（干基，%）	75	71.9*	0.43	70.9	72.8
油脂（干基，%）	75	3.9	0.18	3.4	4.3

2021/2022 出口货物					
	样品数量	平均值	标准偏差	最小值	最大值
美国整体					
蛋白质（干基，%）	430	8.6*	0.37	7.4	10.2
淀粉（干基，%）	430	72.0*	0.40	70.2	73.2
油脂（干基，%）	430	3.9*	0.15	3.4	4.3
墨西哥湾区					
蛋白质（干基，%）	248	8.4*	0.32	7.5	9.8
淀粉（干基，%）	248	72.2*	0.37	70.6	73.2
油脂（干基，%）	248	3.8*	0.15	3.4	4.3
太平洋西北区					
蛋白质（干基，%）	106	9.0*	0.45	7.9	10.2
淀粉（干基，%）	106	71.4*	0.48	70.2	72.6
油脂（干基，%）	106	3.9*	0.15	3.5	4.2
南部铁路区					
蛋白质（干基，%）	76	8.6*	0.45	7.4	9.7
淀粉（干基，%）	76	71.8*	0.41	71.1	72.8
油脂（干基，%）	76	3.8	0.16	3.5	4.2

* 基于 95% 置信水平下的双尾 t 检验，平均值与当前年度《出口货物报告》中的数据之间存在重大差异。

总结：化学成分

	5 年平均值（18/19-22/23）			10 年平均值（13/14-22/23）			2023 收获				
	样品数量	平均值	标准偏差	样品数量	平均值	标准偏差	样品数量 [1]	平均值	标准偏差	最小值	最大值
美国整体											
蛋白质（干基，%）	2,200	8.5*	0.34	4,291	8.5*	0.31	611	8.8**	0.56	6.9	12.8
淀粉（干基，%）	2,200	72.1*	0.41	4,291	72.6*	0.44	611	71.9**	0.61	68.4	73.7
油脂（干基，%）	2,200	3.9*	0.15	4,291	3.9*	0.17	611	3.8**	0.23	3.2	4.6
墨西哥湾区											
蛋白质（干基，%）	1,258	8.5*	0.27	2,671	8.4*	0.27	557	8.7**	0.51	6.9	12.8
淀粉（干基，%）	1,258	72.2*	0.38	2,671	72.7*	0.42	557	72.0**	0.59	68.4	73.7
油脂（干基，%）	1,258	3.9	0.15	2,671	3.9*	0.16	557	3.8**	0.24	3.2	4.6
太平洋西北区											
蛋白质（干基，%）	577	8.5*	0.42	1,013	8.7*	0.40	254	8.8	0.66	7.1	11.8
淀粉（干基，%）	577	71.9*	0.48	1,013	72.4*	0.48	254	71.9	0.65	69.5	73.7
油脂（干基，%）	577	4.0*	0.15	1,013	3.9	0.17	254	3.8	0.23	3.2	4.6
南部铁路区											
蛋白质（干基，%）	365	8.6*	0.44	607	8.5*	0.38	365	9.0	0.57	7.2	12.8
淀粉（干基，%）	365	72.0*	0.43	607	72.6*	0.46	365	71.8	0.62	68.4	73.4
油脂（干基，%）	365	3.9*	0.16	607	3.9*	0.17	365	3.8	0.22	3.2	4.4

* 基于 95% 置信水平下的双尾 t 检验，平均值与当前年度《出口货物报告》中的数据之间存在重大差异。

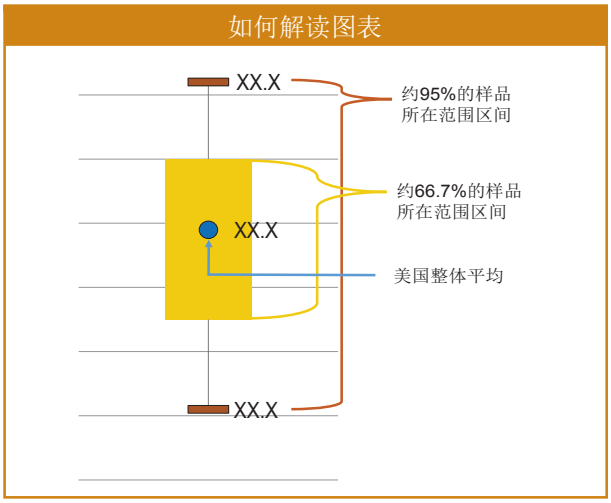
** 基于 95% 置信水平下的双尾 t 检验，当前年度《出口货物报告》中的平均值与玉米收获时的平均值之间存在重大差异。

[1] 由于出口集中区的检测结果为综合统计数据，三个出口集中区的样品数量之和大于美国整体样品数量。

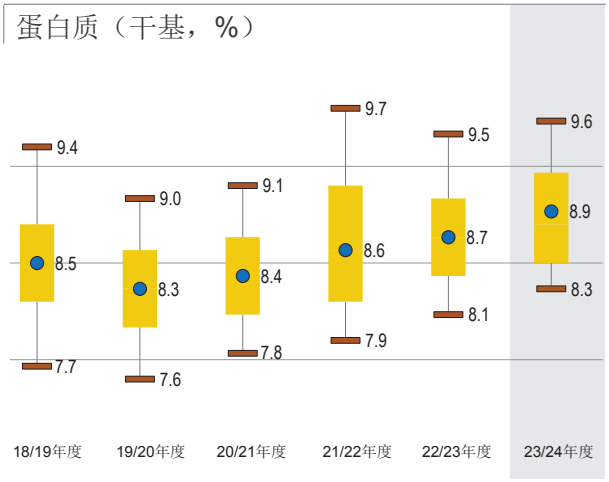
定级指标

六年整体情况比较

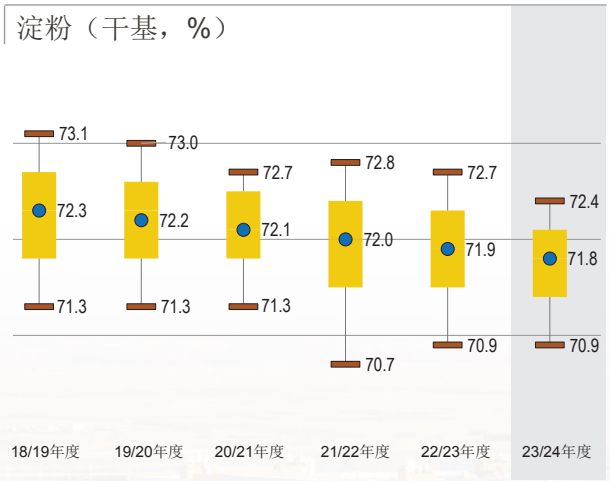
如何解读图表



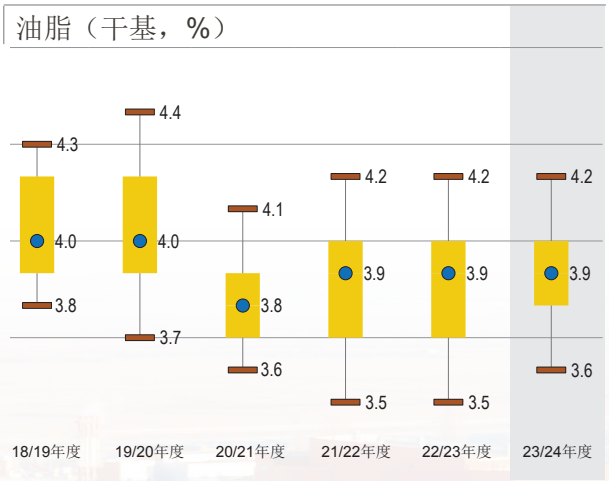
蛋白质（干基，%）



淀粉（干基，%）



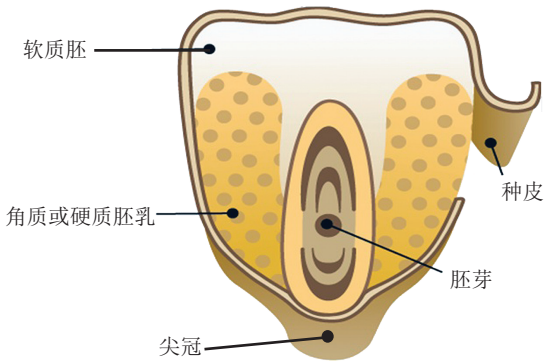
油脂（干基，%）



C. 物理指标

物理指标是指定级指标和化学成分之外的其他品质属性。物理指标包括应力裂纹、籽粒重、籽粒体积、真实密度、完整籽粒比例和角质（硬质）胚乳含量。根据物理指标检测结果，买家可以了解包括不同用途的玉米的加工特点、玉米的可储存性以及传送过程中的潜在破裂风险在内的更多信息。这些品质属性受到玉米籽粒物理构造的影响，而玉米籽粒物理构造又受遗传、生长及传送条件的影响。玉米籽粒由四部分组成：胚芽或胚胎、尖冠、种皮或外壳、胚乳。胚乳占籽粒重量的 82% 左右，分为软质胚乳（亦称粉质或不透明胚乳）和角质胚乳（亦称硬质或玻璃质胚乳）。胚乳的主要成分为淀粉和蛋白质，胚芽含有油脂和部分蛋白质，种皮和尖冠则主要由纤维构成。

玉米籽粒



来源：摘编自玉米精炼协会，2011

概述：物理指标

- 美国整体平均应力裂纹（16.3%）高于 2022/2023 年度（8.6%）、2021/2022 年度（8.4%）、5 年平均值（9.3%）和 10 年平均值（9.6%）。
- 美国整体平均百粒重（36.72 克）高于 2022/2023 年度（35.61 克）、2021/2022 年度（35.74 克）、5 年平均值（36.06 克）和 10 年平均值（35.74 克）。
- 在三个出口集中区内，墨西哥湾区的平均百粒重（37.99 克）高于南部铁路区（36.70 克）和太平洋西北区（33.12 克）。太平洋西北区的平均百粒重，在过去 3 年、5 年和 10 年平均值方面，一直处于最低水平。
- 2023/2024 年度，83.2% 的出口样品的百粒重达到或超过 34.00 克；相比之下，2022/2023 年度为 67.7%，2021/2022 年度为 80.2%。
- 2023/2024 年度，美国整体平均籽粒体积为 0.28cm^3，与 2021/2022 年度和 5 年平均值持平。2023/2024 年度的籽粒体积与 2022/2023 年度和 10 年平均值（均为 0.28cm^3）相比，存在统计学差异（较高）。
- 2023/2024 年度，在三个出口集中区内，太平洋西北区的平均籽粒体积（0.26cm^3）低于墨西哥湾区和南部铁路区（均为 0.29cm^3）；在过去 3 年、5 年和 10 年平均值方面，太平洋西北区处于最低水平。
- 美国整体平均籽粒真实密度（1.292 g/cm^3）高于 2022/2023 年度（1.273 g/cm^3）、2021/2022 年度（1.277 g/cm^3）、5 年平均值（1.278 g/cm^3）和 10 年平均值（1.282 g/cm^3）。
- 2023/2024 年度，84.2% 的出口样品的籽粒真实密度达到或高于 1.275 g/cm^3；相比之下，2022/2023 年度为 46.0%，2021/2022 年度为 58.2%。2023/2024 样品中的高密度籽粒数量高于上两个年度。
- 在三个出口集中区内，在过去 3 年、5 年和 10 年平均值方面，太平洋西北区的籽粒真实密度一直处于最低水平。

- 2023/2024 年度，出口时完整颗粒率（88.0%）高于 2022/2023 年度（84.9%）、2021/2022 年度（86.3%）、5 年平均值（83.4%）和 10 年平均值（85.6%）。
- 2023/2024 年度，73.9% 的出口样品的完整颗粒率达到或高于 85.0%；相比之下，2022/2023 年度为 54.5%，2021/2022 年度为 66.9%。
- 在三个出口集中区内，太平洋西北区的完整颗粒率（84.3%）低于墨西哥湾区（88.0%）和南部铁路区（91.8%），同时在过去 2 年、5 年和 10 年平均值方面，处于最低水平。
- 美国整体平均角质胚乳含量（86%）高于 2022/2023 年度（82%）、2021/2022 年度（84%）、5 年平均值（82%）和 10 年平均值（81%）。
- 2023/2024 年度，100.0% 出口样品的角质胚乳含量至少达到了 80%；相比之下，2022/2023 年度为 85.2%，2021/2022 年度为 98.9%。

应力裂纹

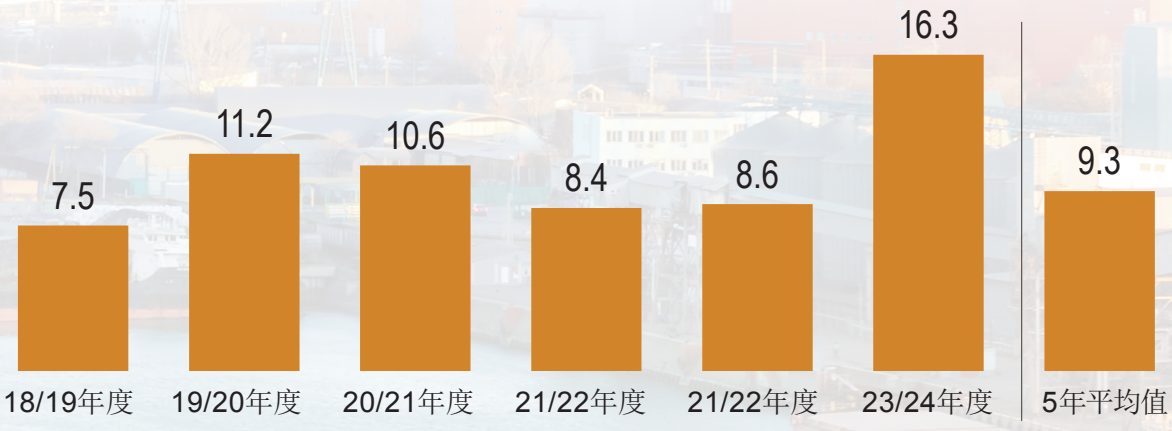
应力裂纹是玉米籽粒角质 (硬质) 胚乳内部的裂纹。应力破裂的籽粒表皮（或外皮）通常不会受损，因此即使存在应力裂纹，乍看上去玉米籽粒似乎没有受到影响。

应力裂纹产生的原因是由于籽粒角质胚乳中的水分和温度变化所造成压力积聚。这就像将冰块投入温热的饮品后，冰块内部产生的裂痕。软质和粉质胚乳内部的压力积聚程度低于硬的角质胚乳；因此，角质胚乳含量较高的玉米籽粒与软质籽粒相比更容易产生应力裂纹。玉米籽粒应力裂纹在严重程度上存在差异，可能会有 1 条、2 条或者多条裂纹。应力裂纹产生的最常见原因是高温烘干作业导致水分快速流失。应力裂纹严重程度高可能会造成下列影响：

- 一般情况：增加玉米在传送过程中的破裂风险，导致在清理作业过程中间，需要去除更多的破碎粒，并且可能会造成玉米的等级和（或）价值降低。
- 湿磨加工：淀粉与蛋白质分离难度加大，导致淀粉产量下降。应力裂纹还可能改变浸泡工艺要求。
- 干磨加工：大颗粒玉米糁（干磨加工的主要产品）产量下降。
- 碱法蒸煮：水分吸收不均匀，导致过度蒸煮或蒸煮不足，影响工艺平衡。

应力裂纹（%）

美国整体结果



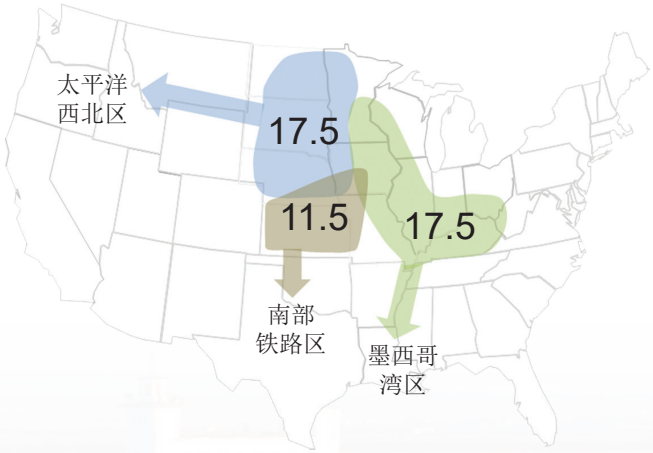
玉米生长条件会影响作物成熟、收获时间和人工干燥需求，进而影响到不同地区的玉米应力破裂程度。例如，因气候原因（降雨 / 低温）导致延迟播种或者作物晚熟或者晚收，人工干燥作业需求增加。

结果：应力裂纹

- 美国整体平均应力裂纹（16.3%）低于 2022/2023 年度（8.6%）、2021/2022 年度（8.4%）、5 年平均值（9.3%）和 10 年平均值（9.6%）。
- 美国整体平均应力裂纹（16.3%）高于 2023 年收获样品（19.2%）。
- 2023/2024 年度，出口时的应力裂纹偏差（8.5%）低于收获时的水平（18.6%）。
- 2023/2024 年度，50.8% 的出口样品的应力裂纹水平等于或高于 15%；相比之下，2022/2023 年度为 9.8%，2021/2022 年度为 14.2%。应力裂纹分布情况表明，2023 年玉米的破碎率可能高于 2022 年和 2021 年。
- 在三个出口集中区内，墨西哥湾区和太平洋西北区的应力裂纹平均水平（均为 17.5%）高于南部铁路区（11.5%）。

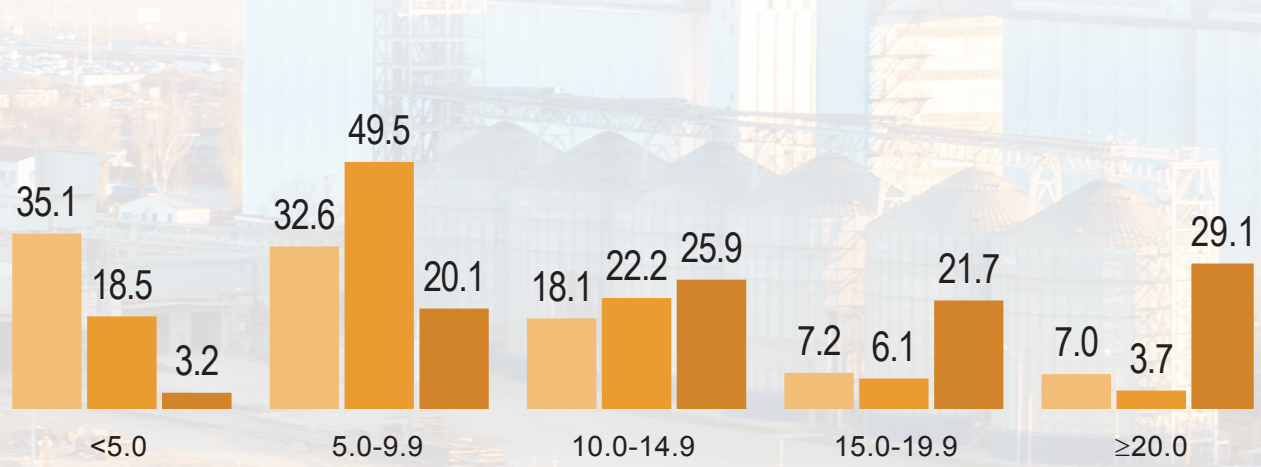
应力裂纹（%）

2023/2024 年度，出口集中区的百分比



应力裂纹（%）

各销售年度的样品百分比



百粒重

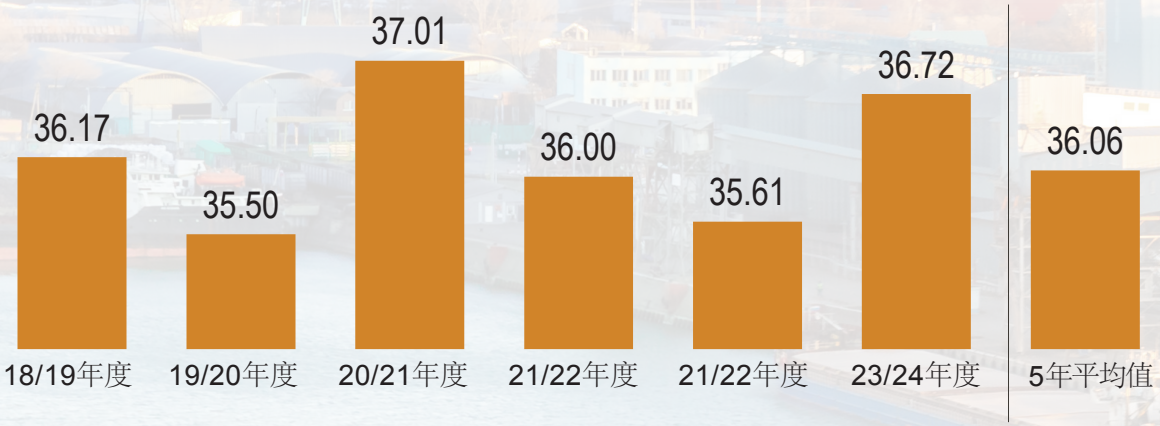
百粒重 (以克表示) 的数值越高，玉米籽粒就越大。籽粒大小影响烘干速率。籽粒越大，则体积 - 表面积比就越高；比例越高，烘干作业速度就越慢。此外，尺寸均匀的大籽粒玉米在干磨加工时，可以提高玉米糁出品量。

结果

- 美国整体平均百粒重（36.72 克）高于 2022/2023 年度（35.61 克）、2021/2022 年度（36.00 克）、5 年平均值（36.06 克）和 10 年平均值（35.74 克）。
- 出口样本的平均百粒重（36.72 克）高于收获样品（35.52 克）。从 2011/2012 年度到 2023/2024 年度，出口时的平均百粒重比收获时高出 0.00 至 2.48 克。由于百粒重是以 100 颗完整的籽粒为基础，因此运输过程中出现的破损或整粒缩小可能会自然剔除较小的易碎籽粒。
- 出口样品的标准偏差 (2.44 克) 低于 2023 年收获样品 (3.76 克)。在过去 3 年、5 年和 10 年平均值方面，出口样品的百粒重标准偏差始终低于收获样品，表明出口时玉米的百粒重比收获时更均匀。

百粒重（克）

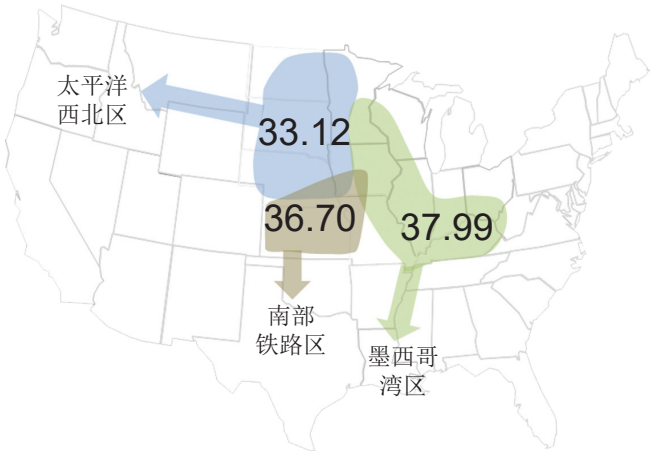
美国整体结果



- 在三个出口集中区内，墨西哥湾区的平均百粒重（37.99）克高于南部铁路区（36.70 克）和太平洋西北区（33.12 克）。在过去 3 年、5 年和 10 年平均值方面，太平洋西北区处于最低水平。
- 在 2023/2024 年度，83.2% 的样品的百粒重达到或高于 34.00 克；相比之下，2022/202 年度为 67.7%，2021/2022 年度为 80.2%。

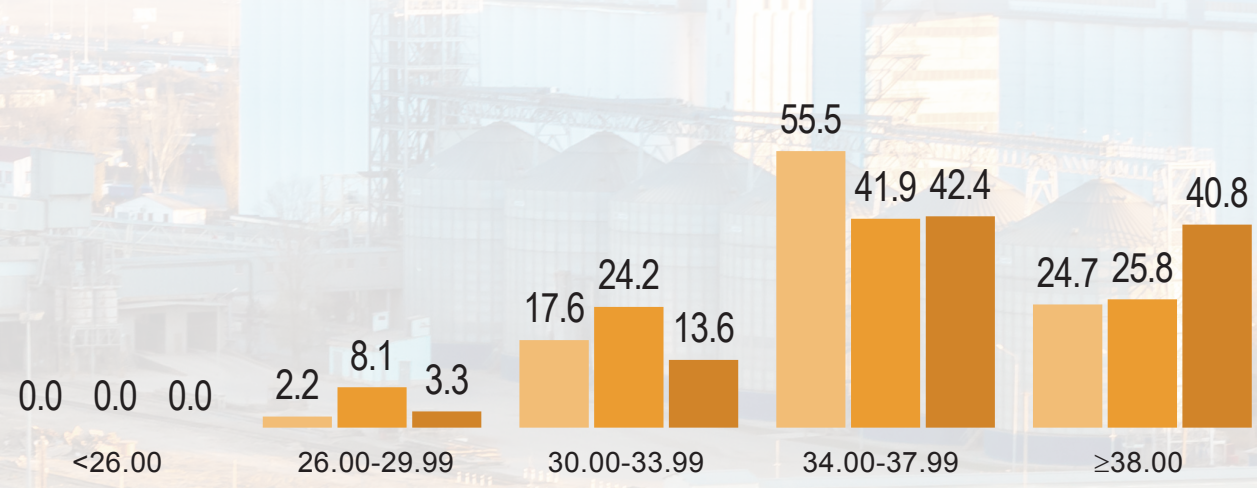
百粒重（克）

2023/2024 年度，各出口集中区的平均值



百粒重（克）

各销售年度的百分比

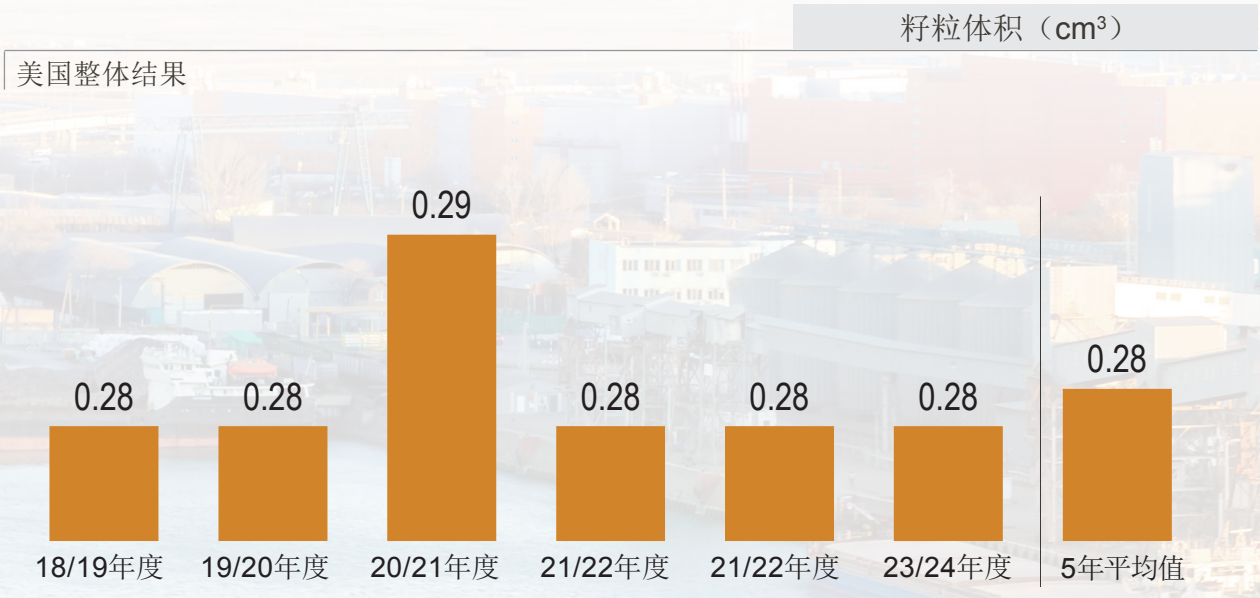


籽粒体积

籽粒体积 (cm^3) 往往是作物生长条件的反映。在干燥的气候环境下，籽粒体积可能低于平均值；如果生长期后期发生干旱，籽粒充实度可能就会下降。如果天气干燥，籽粒可能会比一般的籽粒小。如果干旱在这个季节的晚些时候发生，玉米鼓粒可能不够充分。小籽粒或圆形籽粒脱胚难度相对较大。此外，小籽粒可能会导致加工业者不得不增加清除损耗；小籽粒还可能造成纤维产量增加。

结果

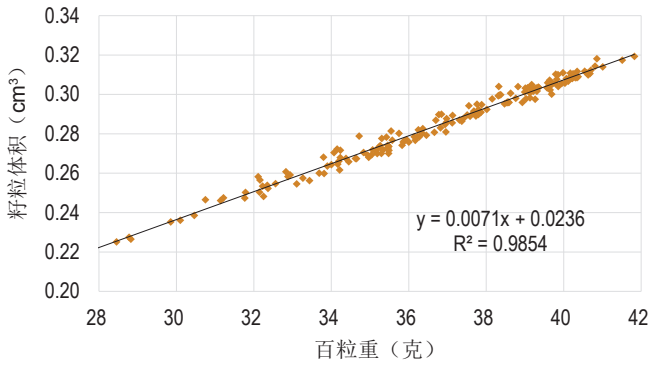
- 2023/2024 年度，美国整体平均籽粒体积为 0.28cm^3，与 2021/2022 年度和 5 年平均值持平。2023/2024 年度平均籽粒体积与 2022/2023 年度和 10 年平均值（均为 0.28 cm^3）相比，存在统计学差异（较高）。
- 籽粒体积范围（0.21 至 0.32 cm^3）接近 2022/2023 年度和 2021/2022 年度（二者均为 0.21 至 0.32 cm^3）。
- 籽粒体积标准偏差（0.02 cm^3）高于 2022/2023 年度、5 年平均值和 10 年平均值（三者均为 0.01 cm^3），与 2021/2022 年度持平（0.02 cm^3）。
- 出口时，美国整体平均籽粒体积（0.28 cm^3）与 2023 年度收获时持平（0.28cm^3）。



- 在三个出口集中区内，太平洋西北区的平均籽粒体积（0.26 cm^3）低于墨西哥湾区和南部铁路区（均为 0.29 cm^3）。在过去 3 年、5 年和 10 年平均值方面，太平洋西北区处于最低水平。
- 2023/2024 年度，45.7% 的出口样品的籽粒体积达到或高于 0.29 cm^3；相比之下，2022/2023 年度为 37.4%，2021/2022 年度为 37.9%。
- 如图所示，在 2023/2024 出口样品中，籽粒体积与百粒重呈正相关（相关系数为 0.99），说明籽粒体积越大，百粒重就越高。

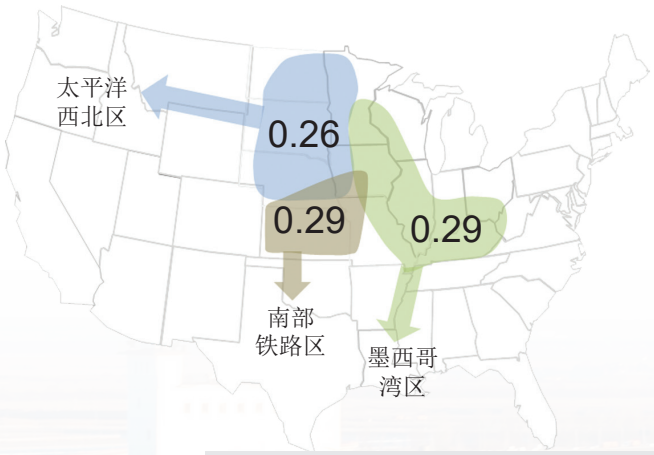
KERNEL VOLUME (cm^3)

颗粒体积VS百粒重，
2023/2024销售年度，美国整体水平



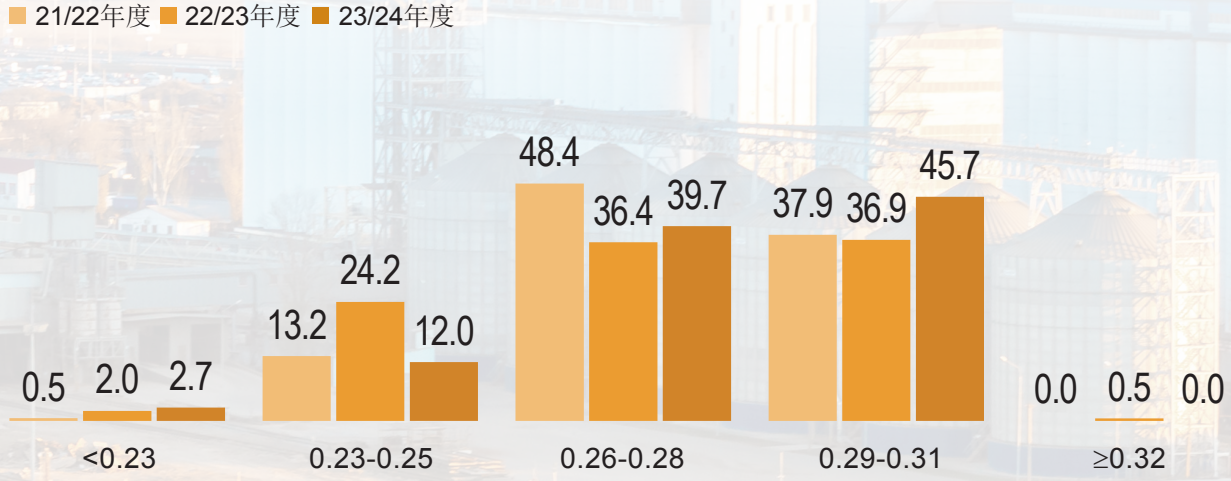
籽粒体积（cm^3）

2023/2024 年度，各出口集中区的平均值



籽粒体积（cm^3）

各销售年度的样品百分比

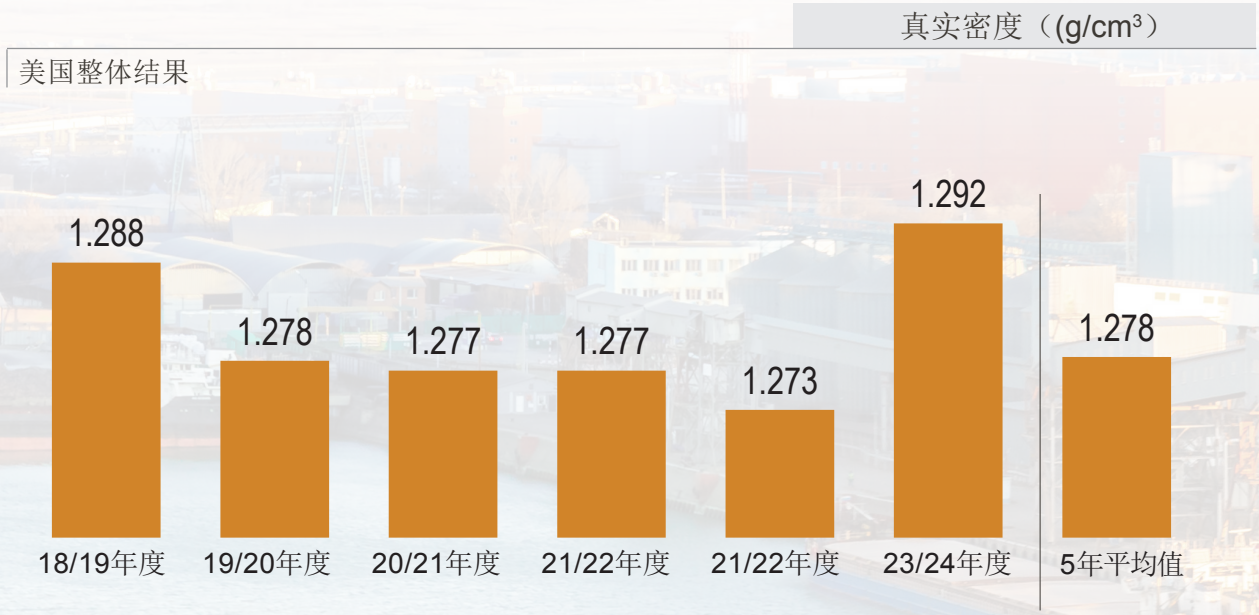


籽粒真实密度

籽粒真实密度的计算方法是用百粒玉米样品的重量除以同一百粒玉米的体积或容积，单位以 g/cm^3 来表示。真实密度是籽粒硬度的相对指标，对碱法和干磨加工业者有很高的参考价值。真实密度可能会受到玉米杂交品种和生长环境的影响。在传送过程中，真实密度较高的玉米往往比密度低的玉米更不易碎裂，但在高温烘干时，却更容易产生应力裂纹。真实密度超过 1.30g/cm^3 时，意味着玉米较硬，适合干磨制粉和碱法加工。真实密度接近或低于 1.275g/cm^3 时，意味着玉米较软，适合湿磨制粉和饲料用途。

结果

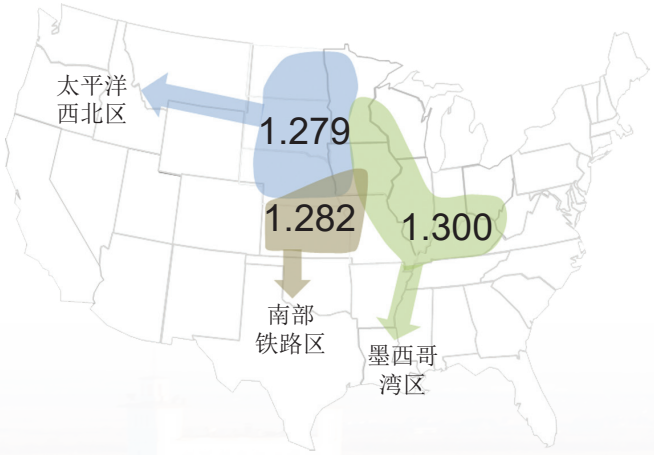
- 2023/2024 年度，出口样品的美国整体平均真实密度（1.292 g/cm^3）高于 2022/2023 年度（1.273 g/cm^3）、2021/2022 年度（1.277 g/cm^3）、5 年平均值（1.278 g/cm^3）和 10 年平均值（1.282 g/cm^3）。
- 2023/2024 年度，出口样品的平均真实密度（1.292 g/cm^3）高于 2023 年的收获样品（1.250 g/cm^3）。



- 2023/2024 年度，出口样品的真实密度区间（1.244 至 1.319 g/cm^3）接近 2023 年的收获样品（1.176 至 1.303 g/cm^3）。尽管如此，本年度出口样品的标准偏差（0.011 g/cm^3）远低于 2023 年的收获样品的标准偏差（0.023 g/cm^3）。
- 2023/2024 年度，84.2% 的出口样品的真实密度达到或高于 1.275 g/cm^3；相比之下，2022/2023 年度为 46.0%，2021/2022 年度为 58.2%，说明相较于前两年，本年度的样品中含有更多的高密度籽粒。
- 在三大出口集中区内，墨西哥湾区的平均真实密度为 1.300 g/cm^3，太平洋西北区为 1.279 g/cm^3，南部铁路区为 1.282 g/cm^3。太平洋西北区的平均真实密度，在过去 3 年、5 年和 10 年平均值方面，一直处于最低的水平。

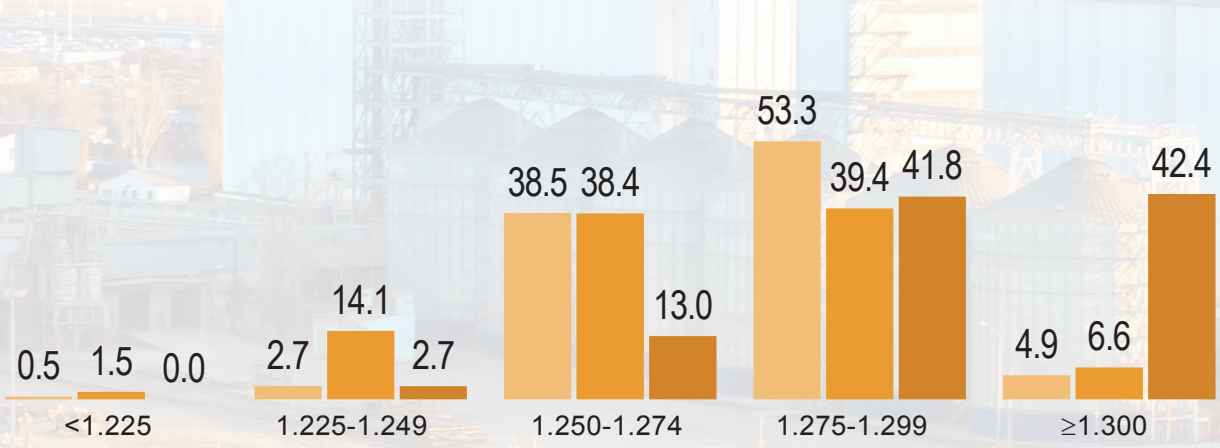
真实密度（g/cm^3）

2023/2024 年度，各出口集中区的平均值



真实密度（g/cm^3）

各销售年度的样品百分比



完整籽粒

完整籽粒是无表皮损伤或籽粒缺损的完好籽粒在样品中的百分比。玉米外观的完整性非常重要，这是因为：首先，它影响碱法蒸煮和浸泡作业过程中的水分吸收。相较于完整籽粒，带有缺口或表皮裂缝的籽粒吸水更快。蒸煮过程中摄取过多水分会导致可溶物流失、蒸煮不均、代价昂贵的停工和 / 或产品不达标。部分公司甚至愿意支付合同溢价，确保接收的玉米货物中完整籽粒的比例在一定水平之上。

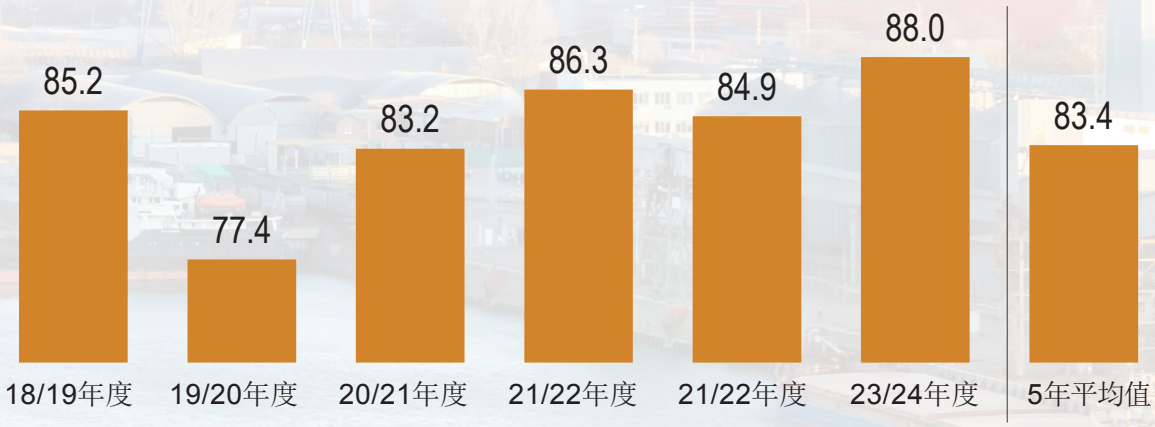
其次，完整籽粒在储存过程中霉变风险下降，在传送过程中破碎的风险更小。尽管硬质胚乳较软质玉米更能保持籽粒的完整性，但影响籽粒运送的主要因素在于收割和传送过程中的处理。首先要正确设置联合收割机，然后在将玉米从农场送到终端用户的过程中，减少传送机对籽粒的撞击，同时减少传送次数。每次传送都会引起更多籽粒破破裂。随着水分减少、卸货高度增加和（或）籽粒落速冲击提高，玉米籽粒实际破损量呈指数级增长。[1] 此外，收获时水分含量偏高（如超过 25%），会造成籽粒表皮软化；与水分含量较低的情形相比，这将导致更多的表皮损伤。

结果

- 美国整体平均完整籽粒（88.0%）高于 2022/2023 年度（84.9%）、5 年平均值（83.4%）和 10 年平均值（85.6%）。

完整籽粒（%）

美国整体结果



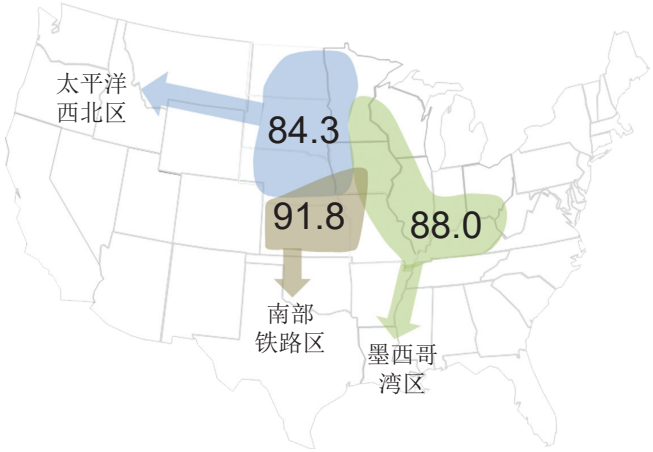
[1] 福斯特（Foster）、G.H. 和 L.E. 霍尔曼 (L.E. Holman)，1973，《商业处理方法造成的谷物破损》，第 968 号市场研究报告，美国农业部农业研究局，华盛顿特区。

- 2023/2024 年度，出口时的完整籽粒比例（88.0%）低于收获时（92.5%）。出口时完整籽粒比例的 5 年平均值（83.4%）低于收获时的 5 年平均值（92.5%）。
- 在过去 3 年、5 年和 10 年平均值方面，出口完整籽粒比例低于收获时 6 至 9.3 个百分点。完整籽粒比例的下降，可能是因为在向出口装货点运输玉米的过程中，增加了额外的传送环节。

- 2023/2024 年度，出口样品中完整籽粒所占的比例介于 69.8% 和 99.6% 之间，完整籽粒的标准偏差为 44%。
- 2023/2024 年度，在三个出口区内，太平洋西北区的平均完整颗粒（84.3%）低于南部铁路区（91.8%）和墨西哥湾区（88.0%），并且在过去两年、5 年和 10 年平均值方面，处于最低水平。
- 2023/2024 年度，73.9% 的出口样品的完整籽粒比例达到或高于 85%；相比之下，2022/2023 年度为 54.5%，2021/2022 年度为 66.9%。

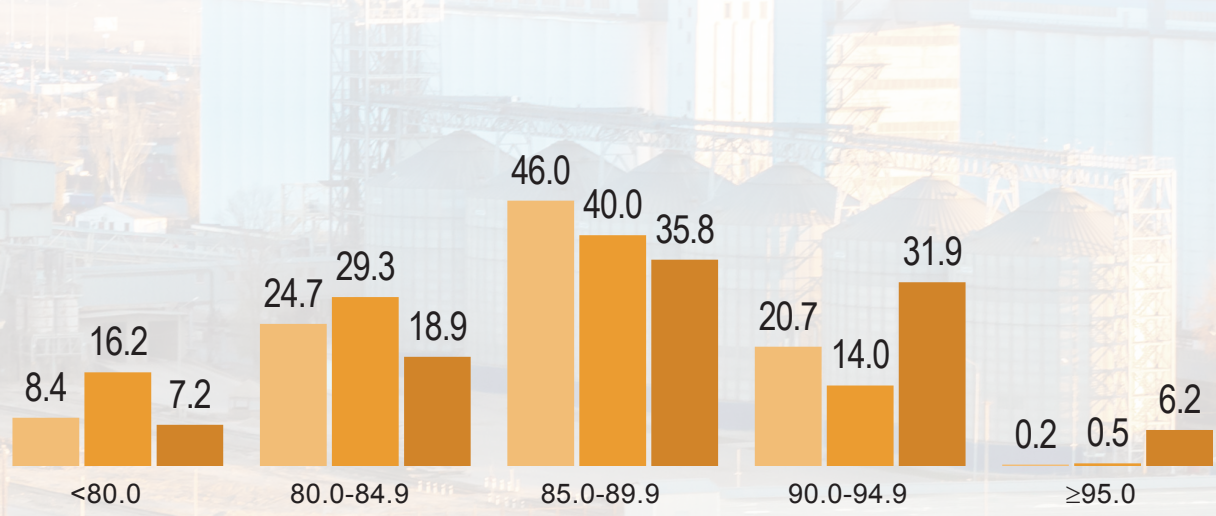
完整籽粒（%）

2023/2024 年度，各出口集中区的平均值



完整籽粒（%）

各销售年度的样品百分比



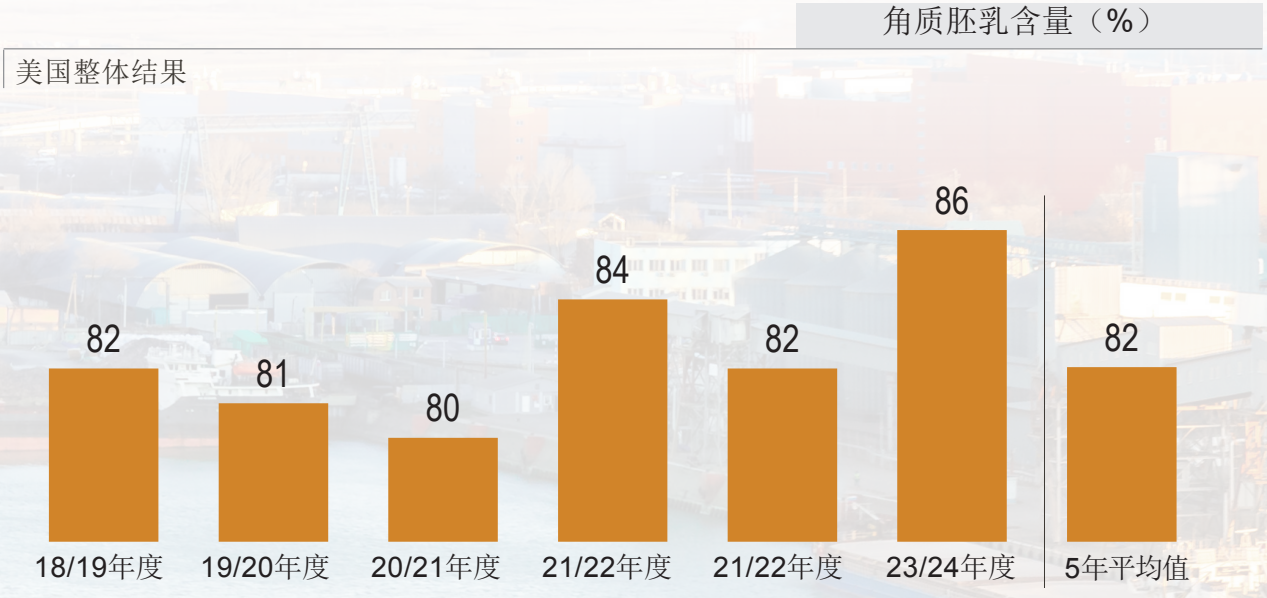
角质（硬质）胚乳

角质（硬质）胚乳检测的目的在于衡量角质或硬质胚乳含量占籽粒胚乳总量的百分比，该数值通常介于 70% 到 100% 之间。角质胚乳相对于软质胚乳的含量越高，可以说玉米籽粒的硬度就越大。硬度的重要性取决于实际的加工类型。硬质玉米适合干磨法，可以产出较多的大颗粒玉米糁。硬质和中等硬度的玉米适合碱法蒸煮。硬度中等和软质玉米适合湿法加工和禽畜饲养。

硬度与易破裂性、饲料利用率 / 效率和淀粉消化率有关。作为一项衡量总体硬度的检测方法，角质胚乳含量高低的好坏，取决于不同终端用户对不同硬度玉米的偏好。许多从事干法加工和碱法蒸煮的用户喜欢角质胚乳含量超过 85% 的玉米，而从事湿法加工和禽畜饲养的用户往往更偏好角质胚乳含量介于 70% 至 85% 之间的玉米。不过，用户的偏好也会有例外。

结果

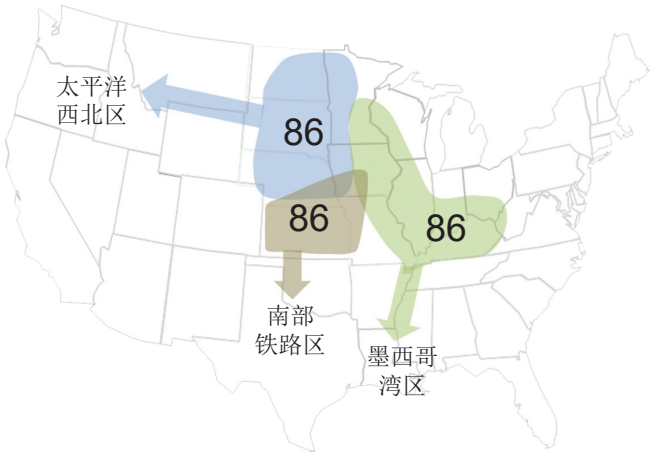
- 2023/2024 年度，美国整体平均角质胚乳含量 (86%) 高于 2022/2023 年度（82%）、2021/2022 年度（84%）、5 年平均值 (84%) 和 10 年平均值（81%）。
- 出口时的角质胚乳含量（86%）高于收获时（85%）。



- 2023/2024 年度的出口标准偏差（1%）低于收获时的标准偏差（3%），这说明 2023/2024 出口样品角质胚乳比例一致性高于 2023 年的收获样品。
- 出口样品的角质胚乳含量范围（83% 至 90%）低于收获样品的范围（75% 至 94%）。这种出口样品较收获样品一致性增加的趋势也体现在过去两年、5 年和 10 年平均值方面。
- 墨西哥湾、太平洋西北和南部铁路区的角质胚乳含量均为 86%。
- 2023/2024 年度，100.0% 的出口样品的角质胚乳含量达到或高于 80%；相比之下，2022/2023 年度为 85.2%，2021/2022 年度为 98.9%。

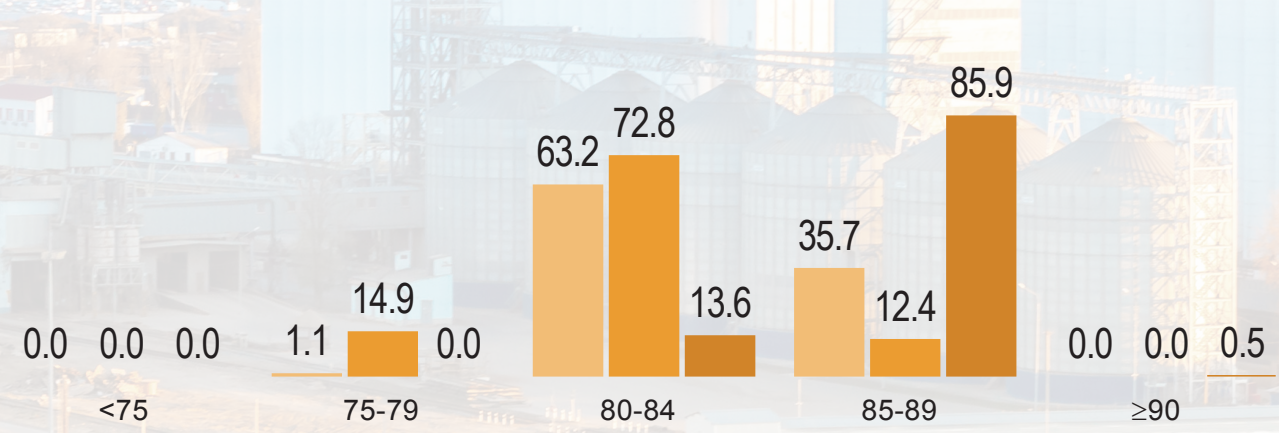
角质胚乳（%）

2023/2024 年度，各出口集中区的平均值



角质胚乳（%）

各销售年度的样品百分比



概述：物理指标

	2023/2024 出口货物					2022/2023 出口货物					2021/2022 出口货物				
	样品数量	平均值	标准偏差	最小值	最大值	样品数量	平均值	标准偏差	最小值	最大值	样品数量	平均值	标准偏差	最小值	最大值
美国整体						**美国整体**					**美国整体**				
应力裂纹 (%)	433	16.3	8.5	0	47	459	8.6*	5.1	0	44	430	8.4*	5.9	0	42
百粒重 (g)	184	36.72	2.44	26.24	41.83	198	35.61*	1.79	28.22	40.94	182	36.00*	1.99	27.19	40.68
籽粒体积 (cm^3)	184	0.28	0.02	0.21	0.32	198	0.28*	0.01	0.22	0.32	182	0.28	0.02	0.22	0.32
真实密度 (g/cm^3)	184	1.292	0.011	1.244	1.319	198	1.273*	0.015	1.219	1.312	182	1.277*	0.013	1.202	1.306
完整籽粒 (%)	433	88.0	4.4	69.8	99.6	437	84.9*	4.7	62.2	96.0	430	86.3*	4.5	62.2	95.2
角质胚乳 (%)	184	86	1	83	90	202	82*	2	78	88	182	84*	2	79	90
墨西哥湾区						**墨西哥湾区**					**墨西哥湾区**				
应力裂纹 (%)	246	17.5	9.1	4	47	240	8.3*	5.5	1	44	248	7.2*	4.4	0	23
百粒重 (g)	108	37.99	2.16	31.77	41.83	103	37.63	1.66	33.26	40.94	104	37.27*	1.95	32.97	40.68
籽粒体积 (cm^3)	108	0.29	0.02	0.25	0.32	103	0.29	0.01	0.27	0.32	104	0.29	0.02	0.25	0.32
真实密度 (g/cm^3)	108	1.300	0.008	1.277	1.319	103	1.282*	0.014	1.244	1.312	104	1.282*	0.011	1.253	1.306
完整籽粒 (%)	246	88.0	4.2	73.6	99.6	241	85.2*	4.0	73.6	94.0	248	86.5*	4.4	68.2	95.2
角质胚乳 (%)	108	86	1	83	90	107	83*	2	79	88	104	84*	2	79	90
太平洋西北区						**太平洋西北区**					**太平洋西北区**				
应力裂纹 (%)	102	17.5	7.8	3	40	138	7.7*	4.0	0	22	106	14.0*	9.4	0	42
百粒重 (g)	37	33.12	2.89	26.24	37.13	57	31.14*	1.52	28.22	34.78	44	33.09	2.07	27.19	37.05
籽粒体积 (cm^3)	37	0.26	0.02	0.21	0.29	57	0.25*	0.01	0.22	0.28	44	0.26	0.02	0.22	0.29
真实密度 (g/cm^3)	37	1.279	0.015	1.244	1.305	57	1.252*	0.017	1.219	1.306	44	1.267*	0.015	1.241	1.303
完整籽粒 (%)	102	84.3	5.5	69.8	96.2	136	81.9*	6.4	62.2	94.2	106	85.4	4.9	62.2	93.6
角质胚乳 (%)	37	86	0	85	87	57	82*	2	78	86	44	84*	1	80	87
南部铁路区						**南部铁路区**					**南部铁路区**				
应力裂纹 (%)[1]	85	11.5	7.1	0	39	81	11.0	5.7	0	28	76	4.4*	5.9	0	33
百粒重 (g)	39	36.70	2.83	30.75	40.54	38	35.85	2.60	29.46	40.60	34	35.89	1.98	31.49	40.39
籽粒体积 (cm^3)	39	0.29	0.02	0.25	0.31	38	0.28	0.02	0.24	0.31	34	0.28	0.02	0.24	0.32
真实密度 (g/cm^3)	39	1.282	0.018	1.244	1.309	38	1.273*	0.016	1.234	1.300	34	1.272*	0.018	1.202	1.299
完整籽粒 (%)	85	91.8	3.6	83.0	98.8	60	88.3*	4.4	75.8	96.0	76	86.8*	4.3	72.0	93.2
角质胚乳 (%)	39	86	1	84	88	38	81*	2	78	86	34	85*	2	82	89

* 基于 95% 置信水平下的双尾 t 检验，平均值与当前年度《出口货物报告》中的数据之间存在重大差异。

[1] 预测总体平均值的相对误差超过 10.0%。

概述：物理指标

	5 年平均值（18/19-22/23）			10 年平均值（13/14-22/23）			2023 收获				
	样品数量	平均值	标准偏差	样品数量	平均值	标准偏差	样品数量 [1]	平均值	标准偏差	最小值	最大值
美国整体											
应力裂纹 (%)	2,197	9.3*	5.8	4,288	9.6*	5.6	611	19.2**	18.6	0	98
百粒重 (g)	1,428	36.06*	1.63	3,519	35.74*	1.68	181	35.52**	3.76	17.60	45.40
籽粒体积 (cm^3)	1,428	0.28	0.01	3,519	0.28*	0.01	181	0.28	0.03	0.15	0.36
真实密度 (g/cm^3)	1,428	1.278*	0.012	3,519	1.282*	0.012	181	1.250**	0.023	1.176	1.303
完整籽粒 (%)	2,175	83.4*	5.3	4,266	85.6*	4.8	611	92.5**	3.9	63.2	100.0
角质胚乳 (%)	1,180	82*	2	3,271	81*	2	181	85**	3	75	94
墨西哥湾区											
应力裂纹 (%)	1,249	8.8*	5.2	2,662	9.3*	5.3	557	22.9**	22.0	0	98
百粒重 (g)	820	37.53*	1.56	2,233	36.93*	1.58	163	36.18**	3.74	17.60	45.40
籽粒体积 (cm^3)	820	0.29	0.01	2,232	0.29*	0.01	163	0.29	0.03	0.15	0.36
真实密度 (g/cm^3)	820	1.286*	0.010	2,233	1.288*	0.010	163	1.252**	0.023	1.176	1.303
完整籽粒 (%)	1,250	84.2*	4.8	2,663	86.1*	4.6	557	92.1**	4.1	63.2	100.0
角质胚乳 (%)	684	82*	2	2,097	82*	2	163	85**	3	75	94
太平洋西北区											
应力裂纹 (%)	577	11.6*	6.5	1,013	11.8*	6.2	254	11.5**	10.8	0	92
百粒重 (g)	366	32.54	1.61	802	32.14*	1.87	80	33.07	5.04	22.00	42.90
籽粒体积 (cm^3)	366	0.26	0.01	802	0.25	0.01	80	0.27	0.04	0.18	0.34
真实密度 (g/cm^3)	366	1.263*	0.015	802	1.268*	0.015	80	1.236**	0.138	1.202	1.281
完整籽粒 (%)	575	79.4*	6.7	1,011	83.2	5.4	254	93.4**	3.2	64.0	99.8
角质胚乳 (%)	296	81*	2	732	80*	2	80	84	10	75	90
南部铁路区											
应力裂纹 (%)	371	7.8*	6.7	613	7.9*	6.0	365	17.7**	17.8	0	97
百粒重 (g)	242	36.31	1.90	484	36.32	1.81	100	36.42	3.65	17.60	45.40
籽粒体积 (cm^3)	242	0.28	0.01	484	0.28	0.01	100	0.29	0.03	0.15	0.36
真实密度 (g/cm^3)	242	1.275*	0.015	484	1.279	0.013	100	1.257**	0.022	1.176	1.303
完整籽粒 (%)	350	86.7*	5.1	592	87.7*	4.6	365	92.6	4.4	63.2	100.0
角质胚乳 (%)	200	82*	2	442	82*	2	100	86	3	75	94

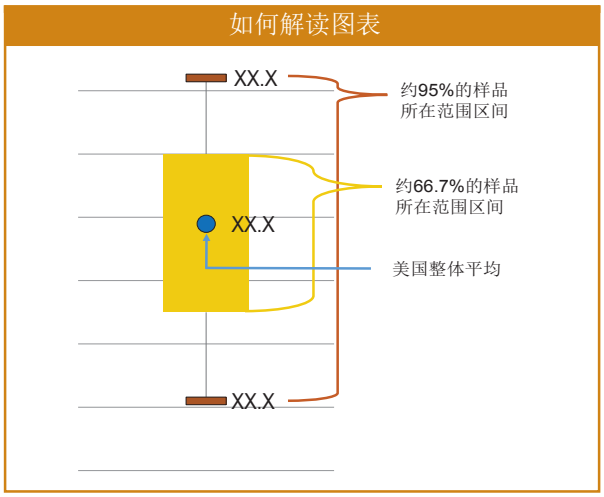
* 基于 95% 置信水平下的双尾 t 检验，平均值与当前年度《出口货物报告》中的数据之间存在重大差异。

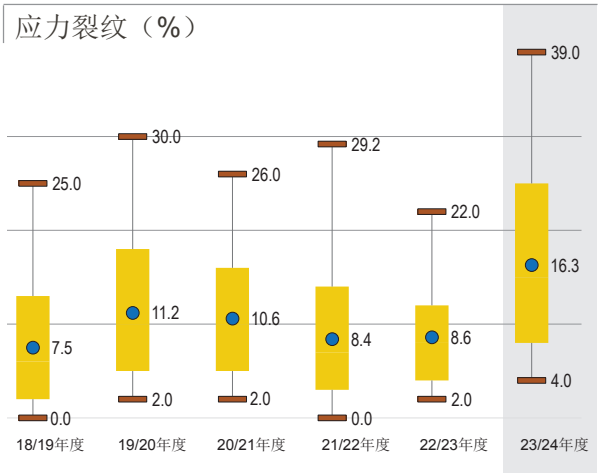
** 基于 95% 置信水平下的双尾 t 检验，当前年度《出口货物报告》中的平均值与玉米收获时的平均值之间存在重大差异。

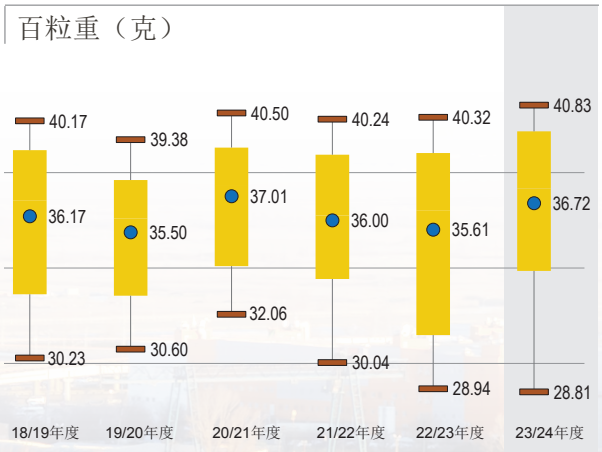
[1] 由于出口集中区的检测结果为综合统计数据，三个出口集中区的样品数量之和大于美国整体样品数量。

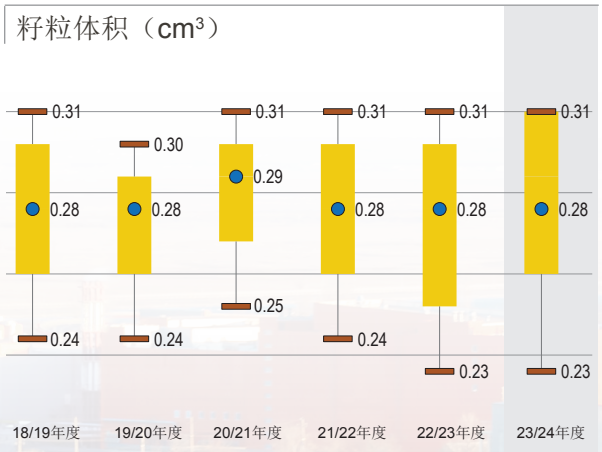
物理指标

六年整体情况比较



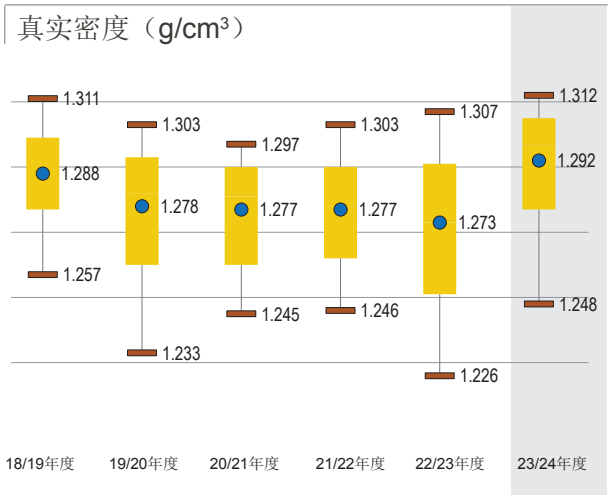


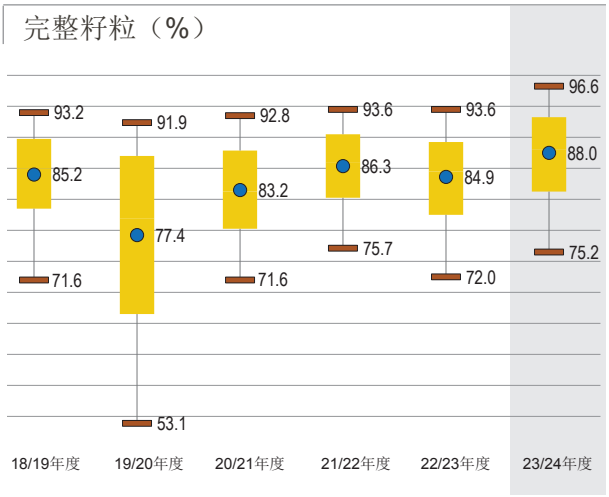


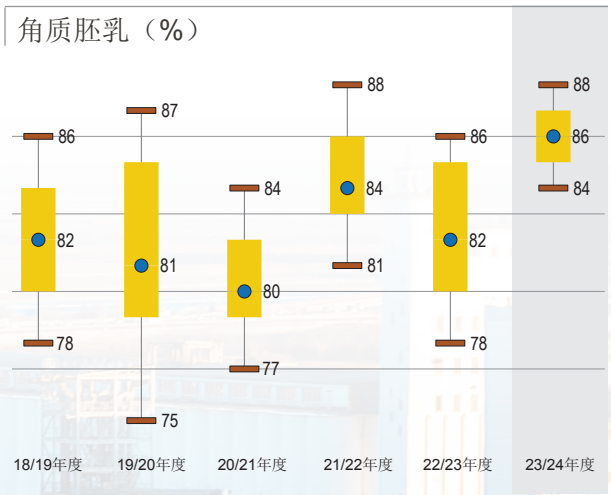


物理指标

六年整体情况比较







D. 霉菌毒素

霉菌毒素是真菌在谷物上自然产生的有毒化合物。摄入较高浓度的霉菌毒素会导致人和动物突发疾病。目前，在玉米谷物中已发现多种霉菌毒素，其中黄曲霉毒素、DON（呕吐毒素或脱氧雪腐镰刀菌烯醇）和伏马菌素是最常见的三种。

在所有 13 年的《出口货物报告》中，出口样品的子集已经接受过黄曲霉毒素和 DON 检测。从《2019/2020 出口货物报告》开始，伏马菌素被添加到检测的霉菌毒素列表中。除了检测黄曲霉毒素、DON 和伏马菌素的调查样品，《2021/2022 出口货物报告》首次开始检测出口样品中是否含有赭曲霉毒素 A、T-2 和玉米赤霉烯酮。对这三种额外霉菌毒素的检测旨在丰富和完善每年检测的三种霉菌毒素 (黄曲霉毒素、DON 和伏马菌素) 的检测结果所提供的信息。《2023/2024 出口货物报告》将继续对这三种额外的霉菌毒素进行检测。

根据年份的不同，玉米生产和储存的环境条件可能有利于特定的霉菌毒素的产生，进而影响人类和家畜的玉米消耗量。人类和家畜对不同程度的霉菌毒素比较敏感。因此，FDA 根据预期用途，先后发布了黄曲霉毒素含量的行动水平指南，以及 DON 和伏马菌素的建议水平指南。

行动水平规定了污染物含量的最高限值。当超过最高限值时，FDA 将采取监管行动。行动水平表示，FDA 相信在数据的支持下，当毒素或污染物超过行动水平时，FDA 可以选择监管或采取法律行动。针对进口或国内饲料原料，若经过有效的方法分析，发现毒素含量超过行动水平时，相关产品将被认定为掺杂毒素，必须对其进行查封或禁止跨洲销售。

建议水平为行业提供指导，它从保护人类和动物的健康出发，规定了物质在食品和饲料中适当的、安全的含量。FDA 保留采取强制性法律行动的权利，不过强制并不是设置建议水平的根本目的。更多信息，请参阅国家谷物和饲料协会 (NGFA) 的指导文件《美国食品药品监督局霉菌毒素监管指南》，读者可以通过访问 https://drive.google.com/file/d/1tqes5_eotsrmxz-5rrtnyu7ncir896kgx/view 获取指南全文。

下表显示了《2023/2024 出口货物报告》中检测的六种霉菌毒素、对应的检测试剂盒、最低报告水平和侦测极限。侦测极限是表明样品中是否出现可检测水平的真菌毒素的一个阈值。关于本研究中采用的霉菌毒素检测方法的更多详情，请参阅“检测分析方法”一节。

霉菌毒素	出口货物 最低报告水平	霉菌毒素检测试剂盒 (EnviroLogix)	检测试剂盒的侦测 极限
黄曲霉毒素	十亿分之 5	AQ 309 BG	十亿分之 2.7
DON	百万分之 1.5	AQ 304 BG	百万分之 0.1
伏马菌素	百万分之 5	AQ 411 BG	百万分之 0.1
赭曲霉毒素 A	十亿分之 5	AQ 113 BG	十亿分之 1.5
T-2	百万分之 1.5	AQ 314 BG	十亿分之 50
玉米赤霉烯酮	百万分之 1.5	AQ 412 BG	十亿分之 50

来源：：www.envirologix.com

黄曲霉毒素

黄曲霉毒素是与玉米相关的、重要程度最高的一种霉菌毒素。不同种类的曲霉属菌会滋生不同类型的黄曲霉毒素，其中最典型的是 A 型黄曲霉。真菌的滋生和谷物的黄曲霉毒素污染，可以发生在作物收割之前的田间，也可以出现在作物收割之后的储存过程。相比之下，收割前发生的污染引发了大多数与黄曲霉毒素相关的问题。炎热干燥的环境条件或长期干旱有利于 A 型黄曲霉的滋生。特别是在炎热干燥的美国南部，这会给农民和社区带来严重的问题。真菌通常侵袭玉米穗上的少数籽粒，然后通过虫咬伤处进入籽粒。在干旱环境下，真菌也会通过玉米须侵入个别籽粒。

食物中自然滋生的黄曲霉毒素有 4 种 ——黄曲霉毒素 B1、B2、G1 和 G2。这四种黄曲霉毒素统称为“黄曲霉毒素”或“总黄曲霉毒素”。毒性最强的黄曲霉毒素 B1 在食物和饲料中最为常见。研究表明，黄曲霉毒素 B1 是动物体内自然生成的致癌因子，与人类罹患癌症息息相关。此外，奶牛会将黄曲霉素 B1 代谢成另外一种形式的黄曲霉毒素，称为黄曲霉毒素 M1，它可以在牛奶中不断累积。

黄曲霉毒素的主要毒害是攻击人类和动物的肝脏。短期大量摄入被黄曲霉毒素严重污染的谷物或长期摄入含低浓度黄曲霉毒素的食物，都会发生中毒情况，可能还会导致家禽死亡（禽类是对黄曲霉毒素最敏感的动物）。家畜在摄入黄曲霉毒素污染的饲料后，可能出现饲料效率和繁殖率下降的情况。而且，人类和动物摄入黄曲霉毒素还会使免疫系统受到抑制。

FDA 已针对人类食用的牛奶中黄曲霉毒素 M1 及人类食品、谷物和畜禽饲料中黄曲霉毒素的含量设定了行动水平限值（以十亿分之一计，ppb）。黄曲霉毒素行动水平限值如下：

黄曲霉毒素行动水平限值	标准
十亿分之 20.0	产奶动物、所有年龄的宠物、未成熟的动物（包括家禽）以及未知的动物用途
十亿分之 100.0	肉牛种牛、种猪和成熟家禽
十亿分之 200.0	100 磅或以上的育肥猪
十亿分之 300.0	育肥（即饲养场）肉牛

来源：www.ngfa.org
如需更多信息，请参阅国家谷物和饲料协会发布的《美国食品药品监督局霉菌毒素监管指南》，读者可以通过访问 https://drive.google.com/file/d/1tqeS5_eOtsRmxZ5RrTnYu7NCIr896KGX/view 阅读指南全文。

针对黄曲霉毒素含量超标的玉米混合，FDA 已制定了相关的政策法规来加强管理。原则上，FDA 目前不允许将受到黄曲霉毒素污染的玉米与未受污染的玉米进行混合，从而降低黄曲霉毒素的总含量，并将混合玉米用于一般性商业销售。

根据联邦法律，美国出口的玉米必须经过黄曲霉毒素检测。除非合同免除此项要求，否则检测必须由 FGIS 执行。除非符合其他更严格的条件，否则黄曲霉毒素含量超过 FDA 行动水平限值（20ppb）的玉米不得出口。因此，出口玉米的黄曲霉毒素含量水平相对较低。

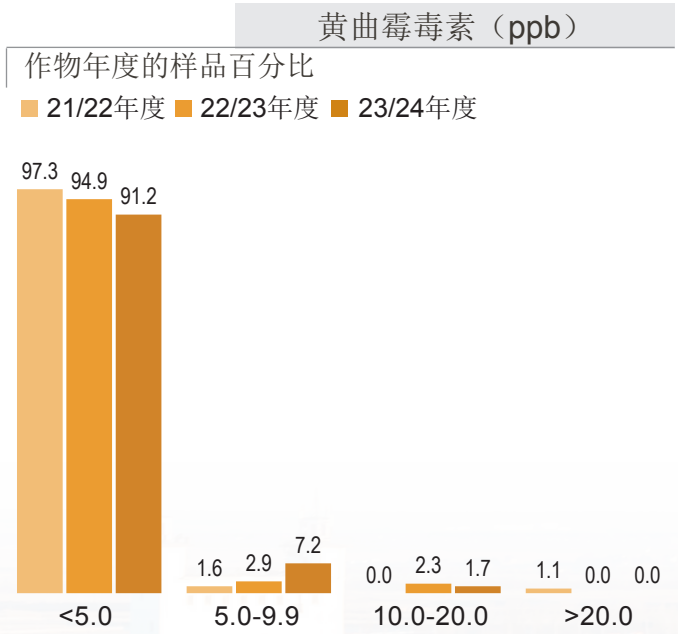
结果

根据《2023/2024 年出口货物报告》的编制需要，FGIS 对 181 份出口样品进行了黄曲霉毒素检验。检验过程基于 USDA FGIS 建立的“最低可接受含量”（Lower Conformance Level）标准，主要判断和明确样品中是否出现可检测水平的黄曲霉毒素。针对 2023/2024 报告，FGIS 核准的分析试剂盒中，黄曲霉毒素的最低可接受含量为 5.0 ppb。2023/2024 年度调查检测结果如下：

在 181 份样品中，165 份样品（91.2%）未检测到可侦测水平的黄曲霉毒素（低于 FGIS 最低可接受含量 5.0ppb），略低于 2022/2023 年度（94.9%）和 2021/2022 年度（97.3%）。

在 181 份样品中，13 份样品（7.2%）的黄曲霉毒素含量大于或等于 5.0ppb，但是低于 10.0ppb。这一比例高于 2022/2023 年度（2.9%）和 2021/2022 年度（1.6%）。

在 181 份样品中，3 份样品（1.7%）的黄曲霉毒素含量大于或等于 10.0ppb，但是低于或等于 20.0ppb（FDA 行动水平的限值）。这一比例低于 2022/2023 年度（2.3%），但是高于 2021/2022 年度（0.0%）。



在 2023/2024 年度检测的 181 份样品中，0 份样品（0.0%）的黄曲霉毒素含量超过 FDA 的行动水平限值，与 2022/2023（0.0%）持平，低于 2021/2022 年度（1.1%）。

虽然 2023/2024 年度检测的样品中，未发现超过 FDA 行动水平限值（20.0ppb）的样本，但 2023/2024 年度，低于 FGIS 最低可接受含量（5.0ppb）的样品百分比 (91.2%) 低于前两年。检测的黄曲霉毒素污染水平表明，2023 年玉米生长期的天气条件不利于黄曲霉毒素的形成。

脱氧雪腐镰刀菌烯醇（DON 或呕吐毒素）

呕吐毒素是令玉米进口商担忧的另一种霉菌毒素。呕吐毒素由特定类型的镰刀菌素引起，其中最主要的是禾谷镰刀菌（赤霉菌），这种霉菌也是诱发赤穗腐病的罪魁祸首。在玉米开花阶段，如果气温较低或天气温和且潮湿，则赤霉菌很容易滋生。真菌沿玉米须向下侵入玉米穗，产生呕吐毒素，导致玉米穗籽粒呈现明显的红色。当玉米植株持续留在田间，真菌会持续生长、腐坏玉米穗。赤霉菌导致的玉米霉菌毒素污染常与玉米收割过度延迟和（或）储存时，玉米水分含量高有关。

呕吐毒素对于单胃动物危害最大，它会刺激口腔和咽喉。因此，动物会拒绝进食呕吐毒素污染的玉米，且导致其体重增长缓慢、腹泻、嗜睡或肠道出血等症状。呕吐毒素还会抑制免疫系统，使动物易患多种传染性疾病。

FDA 已发布了呕吐毒素的建议水平限值（以百万分之一计，ppm）。针对含玉米的产品，建议水平限值如下：

DON 建议水平限值	标准
百万分之 5.0	猪饲料，不得超过饲料配方的 20%
百万分之 5.0	其他未列明的动物，不得超过其饲料配方的 40%
百万分之 10.0	家禽，不得超过其饲料配方的 50%
百万分之 10.0	反刍动物，四个月以上的肉牛和奶牛

来源：www.ngfa.org
如需更多信息，请参阅国家谷物和饲料协会发布的《美国食品药品监督局霉菌毒素监管指南》，读者可以通过访问 https://drive.google.com/file/d/1tqeS5_eOtsRmxZ5RrTnYu7NCIr896KGX/view 阅读指南全文。

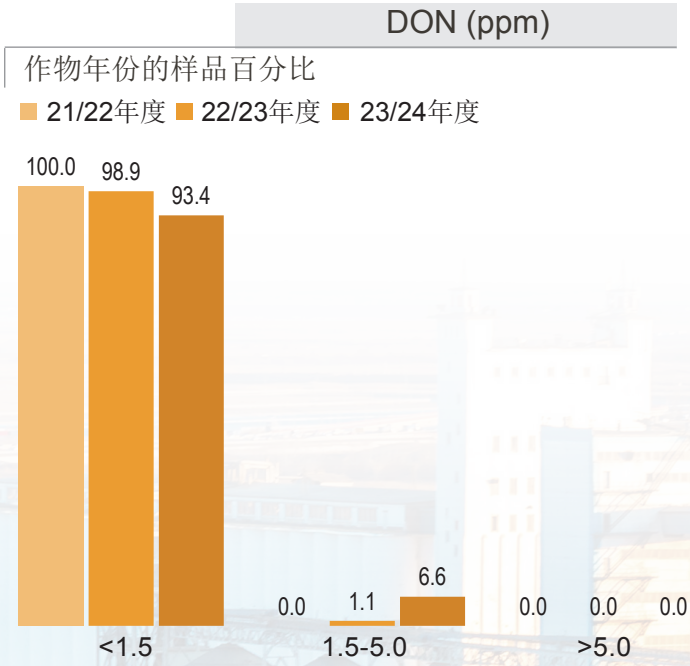
联邦谷物检验局（FGIS）未要求出口玉米必须进行呕吐毒素检测，但可以应买家要求进行呕吐毒素的定性或者定量检测。

结果

《2023/2024 出口货物报告》对 181 份出口样品进行了呕吐毒素检测，结果如下：

- 181 份样品中，169 份样品（93.4%）的呕吐毒素含量低于 1.5ppm，这一比例略低于 2022/2023 年度（98.9%）和 2021/2022 年度（100.0%）。
- 181 份样品中，12 份样品（6.6%）的呕吐毒素含量大于或等于 1.5ppm，但是低于 5.0ppm。这一比例高于 2022/2023 年度（1.1%）和 2021/2022 年度（0.0%）。
- 181 份样品中，0 份样品（0.0%）的呕吐毒素含量超过 FDA 的建议水平限值（5.0ppm），与 2022/2023 和 2021/2022 年度持平。

在三个年度中，所有出口样品的呕吐毒素含量均低于或等于 FDA 的建议水平限值（5.0ppm）。这些结果表明玉米生长期条件极好，不利于 DON 污染的发生。



伏马菌素

伏马菌素是谷物自然滋生的一种毒素，常见于玉米。相比黄曲霉毒素和呕吐毒素，伏马菌素是近期发现的毒素。伏马菌素由镰刀菌属的多种真菌引起。伏马菌素家族包括 B1、B2 和 B3。伏马菌素 B1 数量最多，占三种伏马菌素总量的 70% 至于 80%。伏马菌素的主要问题是饲料污染，进而对动物（尤其是马和猪）造成伤害。真菌滋生和伏马菌素的形成主要发生在玉米收割之前。昆虫啮咬造成植物受损，是造成伏马菌素污染的一个重要因素。温度和降雨条件与真菌滋生和伏马菌素污染息息相关。一般而言，伏马菌素污染与植物逆境、虫害、干旱和土壤湿度有关。2001 年，FDA 针对玉米制品和饲料中的三种伏马菌素制定了指导标准，以降低人畜风险。FDA 的建议水平限值如下：

伏马菌素建议水平限值	标准
百万分之 5.0	马科动物（即马）和兔类，不得超过其饲料配方的 20%
百万分之 20.0	猪和鲶鱼，不得超过其饲料配方的 50%
百万分之 30.0	反刍动物、家禽和貂类，不得超过其配方的 50%
百万分之 60.0	三个月以上的肉用反刍动物和养殖皮毛的貂，不得超过其饲料配方的 50%
百万分之 100.0	肉用家禽，不得超过其配方的 50%
百万分之 10.0	所有其他未列出的动物，不得超过其配方的 50%

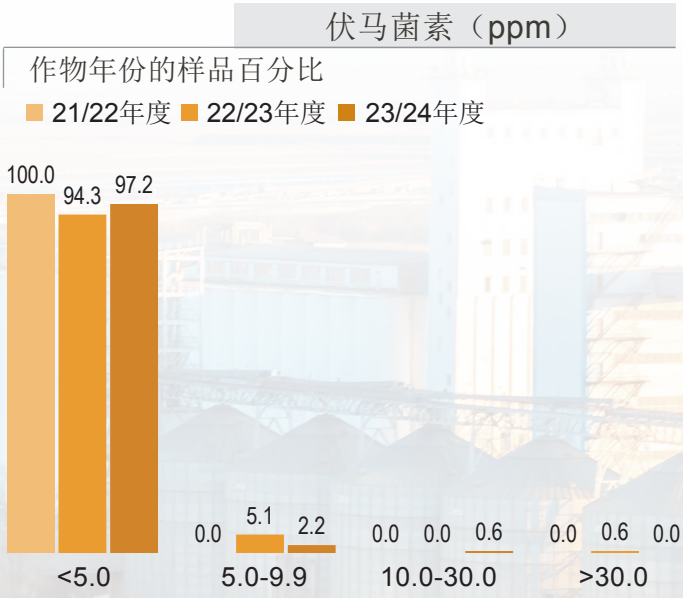
来源：www.ngfa.org
如需更多信息，请参阅国家谷物和饲料协会发布的《美国食品药品监督局霉菌毒素监管指南》，读者可以通过访问 https://drive.google.com/file/d/1tqeS5_eOtsRmxZ5RrTnYu7NCIr896KGX/view 阅读指南全文。

结果

《2023/2024 出口货物报告》对 181 份出口样品进行了伏马菌素含量检测。这是第五年对调查样品进行伏马菌素检测。2023/2024 年度的调查结果如下：

- 181 份样品中，176 份样本（97.2%）的伏马菌素含量低于 5.0ppm，是适合动物（马科动物和兔）的最低建议水平限值，这一比例高于 2022/2023 年度（94.3%）和 2021/2022 年度（100.0%）。
- 181 份样品中，4 份样品（2.2%）的伏马菌素含量大于或等于 5.0ppm，低于 10.0ppm，这一比例低于 2022/2023 年度（5.1%），高于 2021/2022 年度（0.0%）。
- 181 份样品中，1 份样品（0.6%）的伏马菌素大于或等于 10.0ppm，低于 30.0ppm，这一比例略高于 2022/2023 和 2021/2022 年度（均为 0.0%）。.
- 181 份样品中，0 份样品（0.0%）的伏马菌素含量超过 30.0ppm（针对反刍动物、家禽和貂的建议水平），这一比例低于 2022/2023 年度（0.6%），与 2021/2022 年度持平（0.0%）。

2023/2024 年度的所有调查结果均低于 3.0ppm（针对反刍动物、家禽和貂的建议水平）。这可能表明 2023 年生长季节的天气条件不利于霉菌生长和伏马菌素形成。



赭曲霉毒素 A

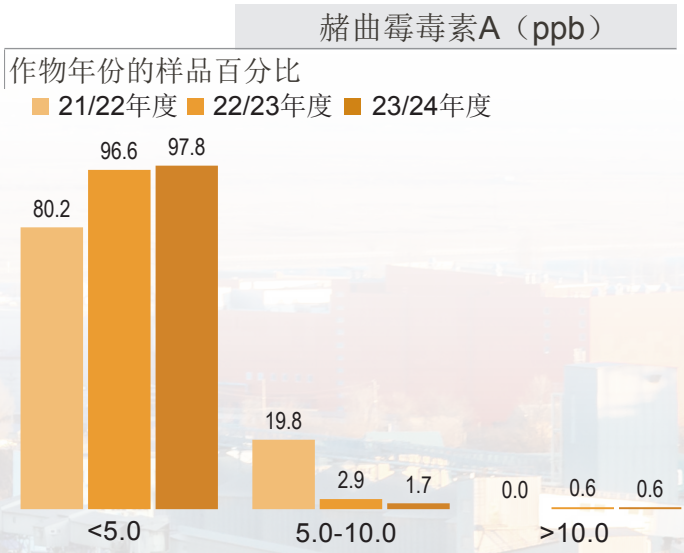
赭曲霉毒素是一种有害的霉菌毒素，由疣状青霉和赭曲霉等多种真菌生成，常见于谷物、禾谷类和一系列其他食品。在这些产品中，谷物和禾谷类产品在赭曲霉毒素摄入来源中占 50% 至 80%。真菌能产生赭曲霉毒素 A、B 和 C，其中以赭曲霉毒素 A 的产出量最高。虽然赭曲霉毒素 A 在从田间到储存的整个生产链上都有可能滋生，但大部分赭曲霉毒素 A 是在储存环节滋生。如果谷物储存在水分含量 / 湿度较高 (> 14%) 和温暖温度 (> 20°C) 的条件下或谷物干燥不充分，都有可能导致谷物遭到真菌污染，进而产生赭曲霉毒素。此外，以机械或物理手段损坏谷物，或谷物遭昆虫咬伤，均有可能让真菌“趁虚而入”。真菌最初在谷物中生长时，会通过新陈代谢形成充分的水分，以便进一步生成为霉菌毒素。由于谷物及禾谷类产品是人类饮食中相当重要的一环，部分国家已确定了未加工禾谷类作物中赭曲霉毒素 A 的最高含量限值。欧盟执行委员会规定禾谷类作物中赭曲霉毒素 A 的最高含量为 5.0ppb；FDA 尚未针对赭曲霉毒素 A 制定建议水平限值。

这是第三年对出口样品进行赭曲霉毒素 A 含量检测。与其他霉菌毒素一样，我们检测了 181 份样品，以评估本年度玉米生产和储存条件对赭曲霉毒素 A 的影响。检测方法见“检测分析方法”部分。

结果

在 2023/2024 年度调查过程中，对 181 份样品中的赭曲霉毒素 A 含量分析结果如下：

- 在 181 份样品中，177 份样品（97.8%）的赭曲霉毒素 A 含量低于 5.0ppb（欧盟规定的最高限值），这一比例高于 2022/2023 年度（96.6%）和 2021/2022 年度（80.2%）。
- 在 181 份样品中，3 份样品（1.7%）的赭曲霉毒素 A 含量大于或等于 5.0ppb，低于 10.0ppb，这一比例低于 2022/2023 年度（2.9%）和 2021/2022 年度（19.8%）。



- 在 181 份样品中，1 份样品（0.6%）的赭曲霉毒素 A 含量高于 10.0ppb，这一比例与 2022/2023 年度持平，略高于 2021/2022 年度（0.0%）。

T-2

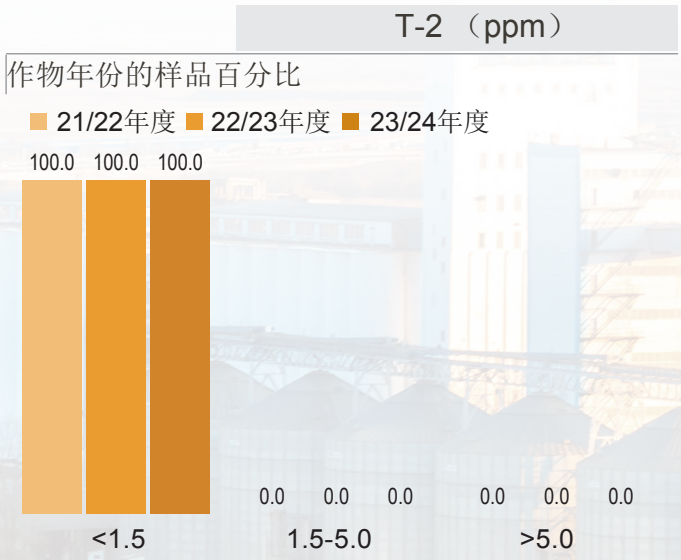
T-2 是几种真菌毒素 (包括脱氧雪腐镰刀菌烯醇或 DON) 中的一种，属于一组被称为单端孢菌毒素的真菌毒素。T-2 毒素是由各种镰孢属真菌在生长中的谷类作物中产生的。这种真菌可以在很宽的温度范围 (-2 到 35℃) 内生长，并且只能在水分活度大于 0.88 的条件下生长。因此，T-2 通常不存在于收获时的谷物中，而是存在于收获后留在地里 (尤其是越冬期间) 遭受水分损害的谷物中。然而，如果谷物在储存过程中遭受水损害，T-2 也会在储存过程中发生。FDA 没有发布 T-2 毒素的参考水平。

这是第三年对出口样品进行 T-2 含量检测。与其他霉菌毒素一样，我们检测了 181 份样品，以评估本年度玉米生产和储存条件对 T-2 的影响。检测方法见“检测分析方法”部分。

结果

在 2023/2024 年度调查过程中，对 181 份样品中的 T-2 含量分析结果如下：

- 在 181 份样品中，0 份样品（0.0%）的 T-2 含量大于或等于 1.5ppm，低于 5.0ppm。这一比例与 2022/2023 和 2021/2022 年度持平。
- 全部样品或 100.0% 的出口样品的 T-2 含量低于 1.5ppm，这一比例与 2022/2023 和 2021/2022 年度持平。
- 在 181 份样品中，0 份样品（0.0%）的 T-2 含量大于 5.0ppm，这一比例与 2022/2023 和 2021/2022 年度持平。



检测结果表明，良好的生长期条件，不利于 T-2 污染产生。

玉米赤霉烯酮

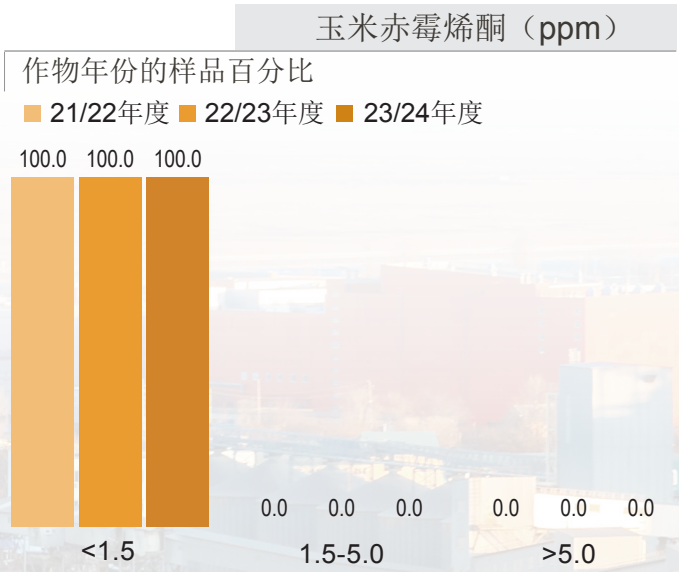
玉米赤霉烯酮是一种霉菌毒素，其众多特性类似于脱氧雪腐镰刀菌烯醇 (DON)，仅有少数例外。二者均由镰菌属真菌产生。因此，这两种霉菌毒素常常同时出现在谷物和谷物产品中。玉米赤霉烯酮的生长条件与脱氧雪腐镰刀菌烯醇非常相近，最佳温度范围都是 65 至 85°F。生长过程中如果发生温度下降，也会刺激真菌产生毒素。真菌生成玉米赤霉烯酮所需的水分含量为 20% 以上，这也与产生 DON 所需的水分含量相近。但如果生成过程中水分含量下降到 15% 以下，毒素生成就会停止。因此，这是建议将玉米干燥至水分含量低于 15% 之后再进行储存的原因之一。研究表明，玉米赤霉烯酮含量介于 0.1 ppm 至 5.0 ppm 之间时，足以造成家猪的繁殖出现问题，因此应当避免在饲料中添加可能受污染的谷物。FDA 尚未对玉米赤霉烯酮制 定建议水平限值，仅建议注意密切关注 DON 的含量。

这是第三年对出口样品进行玉米赤霉烯酮含量检测。与其他霉菌毒素一样，我们检测了 181 份样品，以评估本年度玉米生产和储存条件对玉米赤霉烯酮的影响。检测方法见“检测分析方法”部分。

结果

这是第三年对调查样品进行玉米赤霉烯酮含量检测。在 2023/2024 年度调查过程中，对 181 份样品中的玉米赤霉烯酮含量分析结果如下：

- 全部样品或 100.0% 的样品的玉米赤霉烯酮含量低于 1.5ppm，这一比例与 2022/2023 和 2021/2022 年度持平。
- 在 181 份样品中，0 份样品（0.0%）的玉米赤霉烯酮含量大于或等于 1.5ppm，低于 5.0ppm。这一比例与 2022/2023 和 2021/2022 年度持平。
- 在 181 份样品中，0 份样品（0.0%）的玉米赤霉烯酮含量大于 5.0ppm，这一比例与 2022/2023 和 2021/2022 年度持平。



《2023/2024 出口货物报告》通过评估和描述用于出口的玉米，在准备装载到远洋货船和货柜列车上时的品质属性，向读者提供了关于玉米品质的内幕信息。玉米品质相关的一系列属性可以归类为：

- 内在品质特性：蛋白质、油脂和淀粉含量以及籽粒硬度和密度，都属于内在品质特性。顾名思义，这些特性都“藏”在籽粒内部。对于终端用户而言，内在品质特性的重要性不言而喻。由于这些特性无法通过肉眼直接判定，我们只能通过分析检测对其进行确认。
- 物理品质特性：我们可以通过观察籽粒的外表或测量籽粒的特性来获得物理品质特征的相关信息。这些特性包括籽粒大小、形状和颜色；容重；总损率和热损伤颗粒；破碎粒；应力裂纹。美国农业部对玉米进行官方评级时，会针对部分物理品质特性进行检测。
- 卫生品质特性：这些特性主要显示谷物的清洁程度，包括：杂质、气味、灰尘、啮齿动物排泄物、昆虫、残留物、真菌感染和无法粉碎的物质。

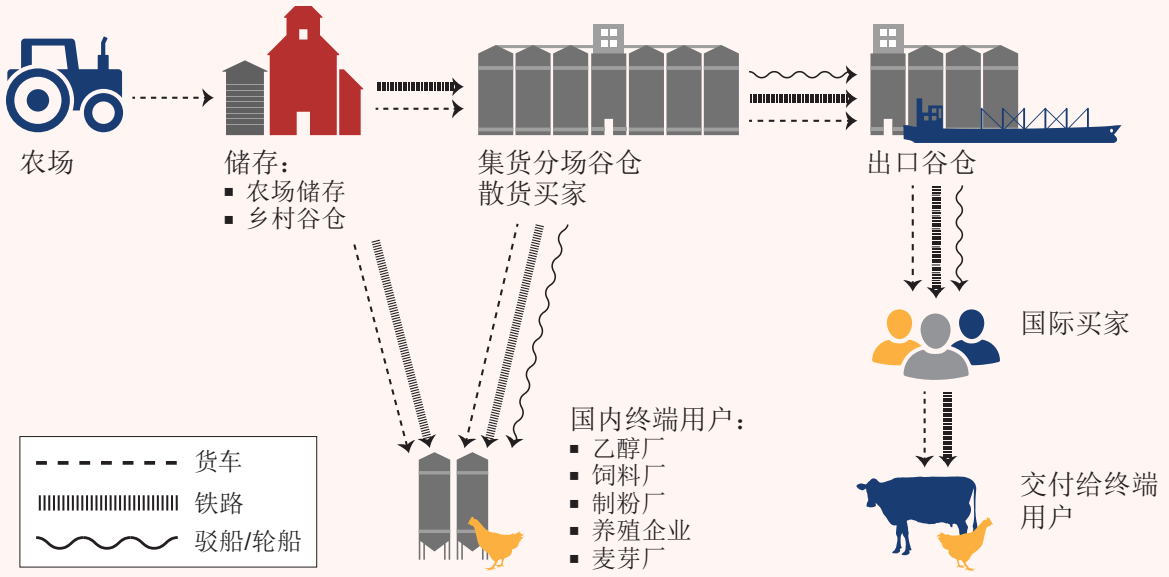
内在品质特性主要受遗传和生长季节条件的影响。当玉米流经销售系统时，这些特性在整体水平上不会发生变化。在收获环节和出口环节之间，内在品质指标的测量值可能在整体水平上存在差异，造成这种现象的部分原因在于抽样过程中的正常随机变化。另一方面，当玉米流经销售系统时，物理和卫生特性会发生变化。在这种情况下，参与玉米销售和分配的各方会采取一些业务手段（如清洁、干燥和空调作业等），提高谷物品质的一致性，防止或减少物理和卫生品质的下降，并且满足合同要求。

《收获报告》分析了近期收获的玉米作物进入销售系统时的品质。《出口货物报告》则提供了玉米出口前的清理、干燥、传送、混合、储存和运输等后续作业影响的相关信息。为了说明评估背景，以下各节描述了从农场到出口的销售渠道、玉米流经销售渠道时涉及的各项工作以及这些工作对玉米品质的影响。最后，本报告回顾了 USDA FGIS 或官方服务供应商提供的检验和分级服务。

A. 美国玉米出口流向

玉米收获后，农民将谷物送到农场仓库、终端用户或商业性谷物设施。虽然部分生产者选择用收获的玉米来喂养家畜，但大部分玉米还是会被提供给其他终端用户 (饲料厂或加工厂) 或商业性谷物传送设施，如当地谷仓、内陆集货分场、河边谷仓和港口谷仓等。当地谷仓的大部分玉米通常直接来自玉米种植户。内陆集货分场或河边谷仓通常建在方便火车或驳船运输散装谷物的地方，接收的玉米量（50% 以上的玉米来自其他谷仓）适合货柜列车或驳船装载，以便进一步运输。当地谷仓、内陆集货分场与河边谷仓提供的功能包括干燥、清理、混合、储存和销售。河边谷仓及较大的内陆集货分场供应了大部分销往出口市场的玉米。下图说明了美国玉米流向出口市场的过程：

美国玉米出口流向



B. 玉米销售渠道对品质的影响

美国玉米行业致力于防止或减少玉米从农场到出口过程中的物理和卫生品质下降。但是，由于谷物的生物特性，玉米品质在系统中的某些环节上会不可避免地发生变化。以下章节进一步说明了玉米从田间到远洋货船或货柜列车的过程中间，发生品质变化的原因。

干燥与空调作业

通常，农民选择玉米水分含量介于 18% 到 30% 之间时开始玉米收割工作；这一水分含量范围已超过谷物安全储存标准（一般为 13% 至 14%）。因此，出于安全储存和运输的目的，必须对收割的湿玉米进行干燥处理，降低其水分含量。空调作业是指利用风机来控制温度和水分含量（二者是监控储存稳定性的重要指标）。干燥和空调作业可在农场或商业设施内进行。当玉米干燥时，可以使用自然空气、低温或高温干燥法。与自然空气或低温干燥方法相比，高温干燥法往往会造成玉米应力裂纹增加，最终导致传送过程中出现更多的破碎粒。不过，为了加快谷物收割作业，往往需要采用高温干燥法。

储存与处理

在美国，玉米储存装置大致分为直立式金属仓、混凝土筒仓、建筑物内部或地面堆积区内的平底仓。直立仓和混凝土筒仓地面带有全穿孔通风口或内置通风管道，允许空气均匀接触谷物，因此是最容易管理的储存类型。平底仓可用于短期储存，尤其是在玉米产量高于预期，需要额外的储存空间时。不过，平底仓内很难安装合适的通风管道，无法实现均匀通风。此外，在平地仓储的仓库中安装足够的通风管道更加困难，并且它们通常不能提供均匀的通风。此外，由于地面堆积区有时缺少覆盖物，导致玉米可能会受到天气因素的影响，出现霉菌损坏。

玉米传送设备包括可以进行垂直传送的斗式升降机和进行水平传送的带式或整体式传送器。不管采用何种传送方式，玉米在传送过程中都会出现破损。破碎率高低取决于设备类型、谷物撞击的严重程度、谷物温度、水分含量以及玉米质量定级指标 (如应力裂纹或胚乳硬度)。随着破碎程度不断加大，会产生大量细微颗粒 (玉米碎片)，导致通风不均，进而造成真菌入侵和昆虫感染风险增加。

清洁

玉米清洁作业包括剥离或去除较大的非玉米物质，筛除较小的皱缩玉米籽粒、玉面碎片和细小物质。这一过程可以有效减少玉米中的破碎粒和杂质。破损的可能性、 破碎粒的初始比例以及理想的定级指标状态，决定了为达到合同约定的等级标准所需的清洁程度。在清洁设备可用的情况下，可以在销售渠道的任一阶段阶段进行清洁作业。

玉米运输

美国谷物运输系统的效率在全球首屈一指。首先，农民使用大型货车或卡车将谷物从田间运输到农场仓库或商业性谷物储存设施。然后，经由卡车、铁路或驳船运输，玉米被运送至下一个目的地。抵达出口设施后，玉米被装载到货船或货柜列车上。

玉米品质在运输过程中的变化与储存过程中的变化非常相似。造成品质变化的原因包括水分含量的可变性 (不均匀性) 和温度变化引起的水分流失、高湿度和空气温度、真菌入侵和昆虫侵袭等。不过，运输过程中的玉米品质控制难度超过玉米在固定储存设施进行储存时的品质控制，部分原因在于：首先，只有少数运输设施配备了通风装置，因此在运输过程中无法采取有效措施避免高温和水分流失；其次，当玉米装载到火车、驳船和货船上时，细料会在装载喷口下方不断堆积，形成所谓的“中心线”（spout-line），导致完整籽粒向外侧滚动，而细料在中间分离。类似的分离情形在抵达最终目的地前的每一次装卸作业过程中间，类似的分离情形都会发生。

对品质的意义

假设玉米籽粒的呼吸作用或霉变损伤可以忽略不计，玉米籽粒的内在品质属性，如油脂、蛋白质和淀粉含量等，在收获环节和出口环节之间基本保持不变。不过，当玉米流经美国销售渠道时，不同来源的玉米混合在一起，导致内在品质特性中某一指标的平均值受由不同来源的玉米品质等级的影响而发生改变。物理和卫生品质特性，如容重、损伤粒、破碎粒、应力裂纹水平、水分含量和 变异、杂质和霉菌毒素含量等，也会发生其他变化。

C. 美国政府检验与定级

目的

全球玉米供应链需要兼具可验证性、可预测性和一致性的监督措施，以满足所有终端用户的不同需求。实施标准化检验程序和分级标准等监督措施的目的在于：：

- 向买家提供玉米在装船运输时的品质信息；和
- 向终端用户提供食品和饲料安全保障。

美国的出口谷物官方分级制度和标准在全球享有盛誉，并在各类出口合同中被广泛引用和提及。除少数例外，按等级出售并运往国外的所有美国玉米，必须经过 FGIS 或 FGIS 授权或指定的官方服务供应商的正式检验和评级。此外，除非买卖双方在合同中就黄曲霉毒素检测项目豁免事宜达成明确一致，否则所有出口玉米必须经过相关的正式检验。FGIS 可以指定合格的各州和私人检验机构作为其官方代理，在指定的内陆地区对玉米进行检验和评级。而且，FGIS 还可以授权各州官方检验部门在特定的出口场所开展谷物检验和评级工作。这些部门的运作和检测方法由 FGIS 驻地办事处的工作人员负责监督管理。

检验与取样

装载出口谷仓向 FGIS 或 FGIS 授权的州检验部门提供装载订单，上面应清楚列明出口合同中指定的待装载玉米的品质。装载订单说明了制定的美国玉米等级、水分含量和外国买方与美国供应商在合同中约定的所有其他要求，以及买方的任何特殊要求，如最低蛋白质含量、最高水分含量或其他特殊要求。官方检验人员确定并证明装载到货船或货柜列车上的玉米符合装载订单的要求。未授权 FGIS 检测或 FGIS 在当地不具备检测能力的品质指标项，可由独立实验室对其进行检测。

“一船”或“一批”玉米被分成“小批量”货物，使用 FGIS 核准的分流取样装置从这些小批量货物中采集用于分级用途的代表性样品。在玉米经由谷仓准备装载到货船、货箱或货柜列车之前，分流取样装置从移动的谷物流中，以大约每 200 至 500 蒲式耳 (约 5.1 至 12.7 公吨) 为间隔单位采集一批主样品。主样品通常由二级取样器进一步减少，然后结合增量样品形成小批量，并由持有执照的检验人员对其进行检测。检测结果被输入日志，并应用统计装载计划，以确保所有检测项目的平均结果符合合同规格，同时确保该批次产品的质量一致。一旦小批量货物的品质检测结果不符合任何一项一致性标准，则必须将其退回至谷仓或单独对其进行认证。各品质指标的小批量平均结果都会记录于最终的官方证书上。FGIS 的抽样方法为获取真正具有代表性的样品提供了保证，而其他常用方法因卡车、货柜列车或货船中的玉米分布不均，可能会产生一批不具代表性的样品。

定级

黄玉米分为五个美国数字等级和美国样品等级。每个等级都有对应的容重、破碎玉米和杂质、总损率籽粒和热损伤籽粒限值。等级限值详载于本报告的“美国玉米附录信息”一节的表格中。此外，FGIS 提供水分含量和黄曲霉毒素检测结果的认证。玉米出口合同还可以规定与货物相关的其他条件或属性，例如 应力裂纹、蛋白质或油脂含量和其他霉菌毒素的检测结果。在某些情况下，FGIS 未要求的测试可在独立实验室进行。

由于不能同时达到所有官方定级指标（如容重和总损率）对应的限值，部分定级指标可能优于指定等级的限值，但绝不会低于这一等级限值。因此，大多数合同中的等级条款都会写明“美国二级或以上”或“美国三级或以上”，以便部分定级指标达达到或接近该等级限值，而其他指标则“优于”该等级。

A. 概要

《2023/2024 出口货物报告》的调查设计、抽样和统计分析重点如下：

- 沿用前 12 个年度《出口货物报告》的方法，针对墨西哥湾、太平洋西北和南部铁路三个出口集中区，按比例采用分层抽样。
- 为了确保美国整体水平的相对误差范围不超过 ±10%，本次调查计划采集的目标样品数量为 430 个，全部来自三个出口集中区，其中：墨西哥湾区 255 个，太平洋西北区 90 个，南部铁路区 85 个。
- 本次调查实际采集了 433 份样品。尽管墨西哥湾出口集中区的目标样品数量为 255 个，但实际采集和检测的样品的数量为 246 个；太平洋西北出口集中区实际采集和检测的样品的数量为 102 个，但其目标样品数量为 90 个。虽然上述两大出口区实际采集和检测的样品的数量与目标样品数量之间存在差异，但是基于比例分层抽样的标准统计方法，我们计算了美国整体的加权平均值和标准偏差，以确保这些额外收集或检测的样品的结果不会扭曲每个出口集中区的样品检测结果对于美国整体水平的相对影响。
- 南部铁路出口集中区的样品由 FGIS 指定的、负责对以铁路运输方式出口到墨西哥的玉米进行检验和定级的官方机构提供。这些机构对运往墨西哥的玉米进行检查和分级。墨西哥湾区和太平洋西北区的样品由 FGIS 驻地办公室在各自出口集中区的港口进行收集。
- 与以前所有的《出口货物报告》一样，墨西哥湾和太平洋西北出口集中区的化学成分、物理指标和霉菌毒素检测是在我们的选择方案基础之上，针对 FGIS 提供的样品进行的。两大出口集中区的定级指标检测结果来自 FGIS 的《出口谷物报告》，所述报告提供的数据集包含抽样期间装运出口的玉米的定级指标数据。
- 为了评估检测结果的统计有效性，计算了美国整体和三个出口集中区的每个品质指标的相对误差。在美国整体水平上，每个品质指标检测结果的相对误差不超过 10%。然而，墨西哥湾出口集中区和太平洋西北出口集中区的总损率相对误差超过 10%；南部铁路出口集中区的应力裂纹相对误差超过 10%。
- 我们计算了基于 95% 置信水平下的双尾 t 检验值，以此评估本年度定级指标平均值与本年度《收获报告》中的定级指标平均值、前两份《出口货物报告》中的定级指标平均值、5 年平均值和 10 年平均值之间的统计差异。

B. 调查设计和抽样

调查设计

《2023/2024 出口货物报告》的目标总体是来自美国 12 个玉米主产州的大宗黄玉米。2023/2024 年度，这些州的玉米预期出口量将占全美出口量的 90% 以上。为了确保样品统计的合理性，采用**比例分层抽样法**（proportionate stratified sampling），对出口的美国黄玉米进行抽样。本报告采用的抽样方法具备两大特征：一是抽样总体的分层，二是每个子群体或每层的**抽样比例**。

分层（stratification）是将调查总体分为子群体（“层”，strata）。为了便于编写本报告之目的，将美国主要玉米出口区分为三个地理区域，称之为出口集中区。这三个出口集中区代表通向出口市场的三个主要路径：

- 墨西哥湾出口集中区：经美国墨西哥湾港口出口玉米的地区；
- 太平洋西北出口集中区：经太平洋西北港口出口玉米的地区；
- 南部铁路出口集中区：通过铁路运输的方式，向墨西哥出口玉米的地区。

我们使用美国农业部的数据，计算了在 2023/2024 玉米年度，每个出口集中区在黄玉米预期出口总量中所占的比例。根据计算结果，确定**抽样比例** (每个出口集中区总样品的百分比)，并最终确定从每个出口区收集的黄玉米样品的数量。

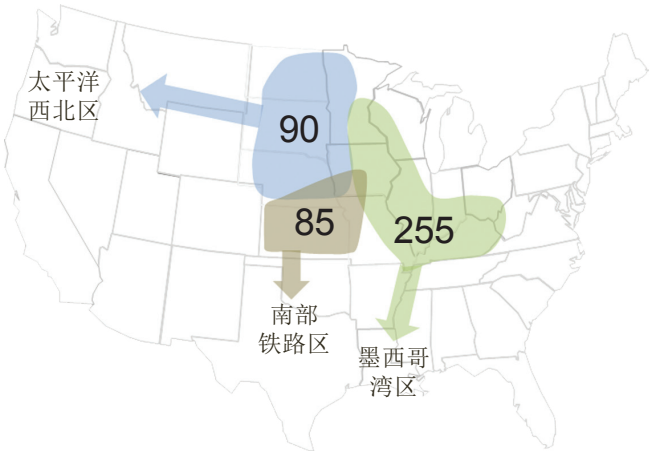
在确定每个出口集中区收集的**样品数量**之后，本协会可在一定精确度的范围内，估计不同品质指标的美国整体真实平均值。《出口货物报告》中所采用的精确度基于 95% 置信水平，相对误差不超过 ±10%。

为确定达到相对误差范围目标所需的样品数量，理想情况下，应采用每个品质指标的总体变异值（即玉米出口时，品质指标的变异水平）。品质指标的水平或数值变量越大，要在一定精确度范围内估计其真实平均值，就需要越多的样品。此外，品质指标的变异值通常不尽相同。因此，为了达到相同的精确度，各品质指标项检测所需要的样品数量之间也存在差异。

本年度玉米出口评估的 12 项品质指标中，总体变异值均为未知，因此沿用历年《出口报告》的变异估计值，并且据此计算出所有品质指标达到精确度目标所需的样品数量。

根据这些历史数据，本协会至少要收集 430 个样品才能精确估算品质指标的美国整体真实平均值。将先前定义的抽样比例应用于这 430 个样品，计算出下图每个出口集中区的目标样品数量。

各出口集中区的目标样品数量



从《2019/2020 年出口货物报告》开始，仅用 180 个样品，而不是全部 430 个样品进行 DON 和角质胚乳检测。此外，进行 DON 和角质胚乳检测的 180 个样品也用于检测伏马菌素。《2019/2020 年出口货物报告》首次对这种真菌毒素进行检测。在前八份报告所检测的样品中，角质胚乳的相对误差从未超过 0.3%（远低于 10.0% 的目标水平）。因此，减少用于检测角质胚乳的样品数量可能会使这一品质指标估计值的精确度保持在远低于 10.0% 的目标水平。《2019/2020 出口货物报告》首次只对 180 个样品进行角质胚乳检测，这一品质指标的相对误差仅为 0.4%。

从《2020/2021 年出口货物报告》开始，仅采用 180 个样品进行品质指标检测的目标扩展到百粒重、籽粒体积和籽粒真实密度。鉴于从前九份《出口货物报告》中收集的历史数据，减少检测上述三项附加品质指标的样品数量，可能会使其估计值的精确度保持在远低于 10.0% 的目标水平。

从《2021/2022 出口货物报告》开始，用于检测黄曲霉毒素、DON 和伏马菌素的样品同样也用于检测赭曲霉毒素 A、单端孢菌毒素 (T-2) 和玉米赤霉烯酮。

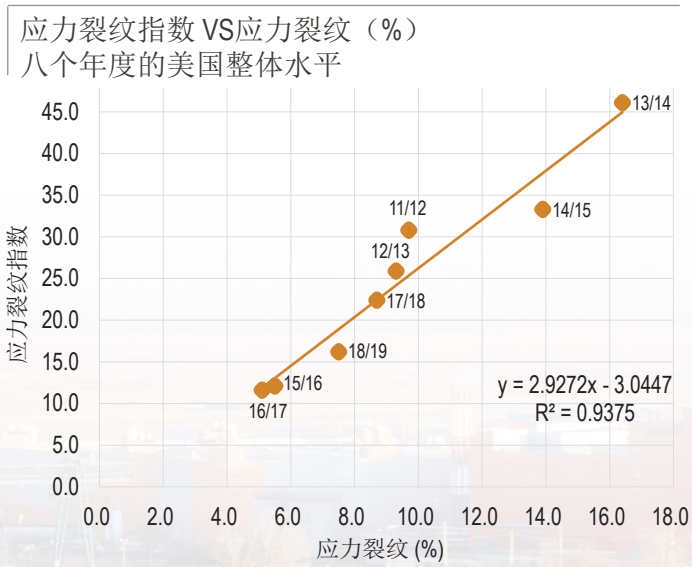
前八个年度的《出口货物报告》同时描述了应力裂纹百分比和应力裂纹指数，以表明应力破裂的严重程度。应力裂纹指数的计算方法如下：

[SSC x 1] + [DSC x 3] + [MSC x 5]

其中

- SSC 是只有 1 条裂纹的籽粒的百分比；
- DSC 是有 2 条裂纹的籽粒的百分比；
- MSC 是有 2 条以上裂纹的籽粒的百分比。

在前八个年度的《出口货物报告》中，美国整体应力裂纹的百分比和应力裂纹指数显示在下方的散点图。由于应力裂纹指数与应力裂纹百分比之间的高度强相关性 (r = 0.97)，本协会判断应力裂纹指数提供的附加价值比较有限，并在《2018/2019 出口货物报告》之后停止使用这一指标。



抽样

抽样由 FGIS 和参与的官方服务供应商进行管理，作为其所提供的检验服务的一部分。FGIS 向墨西哥湾和太平洋西北地区办公室以及国内检验办公室发出了指令函：抽样期从 2023 年 10 月下旬开始，到 2024 年 3 月中旬结束。负责监督区域内样品收集工作的各出口集中区的 FGIS 驻地办公室包括：墨西哥湾区，路易斯安那州新奥尔良；太平洋西北区，华盛顿州奥林匹亚 (华盛顿州农业厅)；以及位于密苏里州堪萨斯城的南部铁路 -FGIS 国内检查和运营办公室。

虽然取样过程在远洋船舶装货的整个过程中是连续的，但为了确保品质的一致性，“一船”或“一批”玉米被分成“小批量”货物。小批量的大小取决于谷仓每小时的装载速度及正在装载的船只的容量。小批量的范围介于 30,000 蒲式耳到 120,000 蒲式耳之间。所有小批量样品都会经过检验。

在货船装载过程中间，收集了来自墨西哥湾出口集中区和太平洋西北出口集中区港口的代表性小批量样品。用于分级的样品是通过使用 FGIS 核准的分流取样装置获得的。分流取样装置以一定的间隔，从流动动的玉米流中“截取”(或分流) 具有代表性的玉米作为样品。玉米装船准备出口时，每隔几秒钟或大约每 200 至 500 蒲式耳 (约 5.1 至 12.7 公吨) 截取一次。官方检验人员使用电子计时器调节和控制截取频率，并定期确认机械取样器是否正常工作。对每个批次中以零、三、五和七结尾的子批次进行取样。这与去年调查中对西北太平洋和墨西哥湾出口集中区的抽样频率相同。对于每个样品，FGIS 驻地办事处的工作人员和华盛顿州农业厅至少采集了 2700 克。

与以前所有的《出口货物报告》一样，FGIS 墨西哥湾出口集中区和太平洋西北出口集中区驻地办公室提供了用于化学成分、物理指标和霉菌毒素检测的样品。不过，这两个出口集中区的定级指标检测结果来自于 FGIS 的《出口谷物报告》，而不是我们对 FGIS 提供的样品的检测。《2023/2024 出口货物报告》呈现的检测结果，第二次反映了这一变化。为了便于跨年度比较，以前所有报告中的定级指标数据都被 FGIS《出口谷物报告》中的数据所所取代。公众可通过 https://fgisonline . AMS . USDA . gov/ExportGrainReport/default . aspx 获取年度检验数据。

FGIS《出口谷物报告》提供了装运级定级指标和水分数据、贸易伙伴指定的合同等级、装运的公吨数和检验日期。这些数据集按照日期进行筛选，确保过滤后的数据符合 FGIS 提供的样品的收集时间框架。除少数例外，由于针对所有装载玉米的船只都进行了抽样，因此几乎所有来自墨西哥湾和太平洋西北出口集中区的船只所装载的玉米都具有完整的定级指标数据，从而最大限度地保证了这些出口集中区装载的玉米的定级指标的平均值具有最佳代表性。前文所述的例外情形包括：

- 数据集经过过滤后，排除了铁路、卡车和集装箱出口数据，只保留了与 FGIS 提供的样品的收集群体最匹配的货船装运数据。
- 删除观测结果，排除不切实际的数值。最常见的不切实际的数值是在不正确的字段中输入的数字，例如在总损率字段中输入的容重值。只有一小部分观测结果包含误差，少数包含不切实际数值的观测结果 从数据集中排除。
- 有几类出口可免于 FGIS 检验。豁免的原因包括作为种子用途出售的玉米、不按等级出售的玉米、小型出口商出口的玉米、通过铁路或卡车出口到加拿大和墨西哥的玉米和谷物的特种运输。

虽然数据集包含来自南部铁路出口集中区的货运信息，但这份出口货物报告继续依赖从 FGIS 提供的样品中收集的等级系数结果通过铁路出口到墨西哥的谷物免于 FGIS 检查。虽然该数据集通常包括通过铁路或卡车出口到墨西哥的玉米，但这些货物的等级因素数据通常不完整。需要特别指出的是，虽然数据集包含来自南部铁路出口集中区的装运信息，但是由于 FGIS 数据集中，以铁路运输方式出口到墨西哥的玉米免于 FGIS 检验，导致定级指标数据往往并不完整，因此本报告继续采用收集的样品的定级指标检测结果。

对于南部铁路出口集中区，代表性样品的收集程序为：在内陆谷仓，利用分流取样器，大约每 200 蒲式耳 (约 5.1 公吨) 抽取一次，以确保取样的一致性。只对以铁路运输方式出口到墨西哥的黄玉米进行抽样。与从墨西哥湾出口集中区和太平洋西北出口集中区收集的样品不同，南部铁路出口集中区的官方服务供应商提交了“留存样品”（file sample）。官方服务供应商对收集的部分样品进行定级指标和黄曲霉毒素检测，检测之后，对这部分样品进行封存处理，以便在出现争议时重新检测。每批留存样品重约 1000 克，是取自五节货柜列车车厢的混合样品。当留存样品保留期满时，它们会被寄到伊利诺伊州作物改良协会性状保留谷物实验室（IPG Lab），保留期日期通常为装载后的 30 天。南部铁路出口集中区样品的定级指标检测由伊利诺伊州厄巴纳市的尚佩恩 - 丹维尔谷物检测机构（CDGI）负责。CDGI 是 USDA FGIS 指定的伊利诺伊州中东部地区的官方谷物检验服务供应商。

C. 统计分析

调查设计

样品定级指标、化学成分和物理指标的检测结果以美国整体和三个出口集中区 (墨西哥湾区、太平洋西北区和南部铁路区) 以及以下两个等级类别呈现[1]：：

- “美国二级”等级样品达到或优于美国二级玉米标准限值。
- “美国三级”等级样品达到或优于美国三级玉米标准限值。

《2023/2024 出口货物报告》根据前五年《出口货物报告》（2018/2019，2019/2020，2020/2021，2021/2022 和 2022/2023 年度）中的各项品质指标的平均值和标准偏差，计算出简单平均值，并将其纳入美国整体和三个出口集中区的检测结果；该平均值在本报告正文和概要表格中被称为“5 年平均值”。整个报告还提到了“10 年平均值”，它是《203/2014 出口货物报告》到《2022/2023 出口货物报告》中各品质指标平均的简单平均值。

针对美国整体和各出口集中区的品质指标的检测结果，计算出各项品质指标的相对误差。所有品质指标的相对误差不超过 10%。然而，太平洋西北出口集中区 (18%) 和南部铁路出口集中区 (23%) 的总损率的相对误差超过 10%，南部铁路出口集中区的破碎玉米和杂质的相对误差 (14%) 和应力裂纹相对误差（13%）均超过 10%。虽然这些估计值的精确度低于预期，但相对误差的水平不会使这些估计值失效。品质指标平均值是真实总体平均数所能得到的最无偏差的估计值。然而，与相对误差小于 10% 的品质指标相比，它们在估算时具有更大的不确定性。“定级指标”和“物理指标”概述表中的脚注表明相对误差超过 10% 的属性。

“品质检测结果”一节中提到的统计差异，我们通过 95% 置信水平下的双尾 t 检验对其进行了验证，以确定这份《出口货物报告》中的品质指标的平均值与以下数据之间的统计差异：

- 本年度的收获报告和
- 上两份《出口货物报告》的平均值，5 年平均值和 10 年平均值。

1 墨西哥湾出口集中区和太平洋西北出口集中区的样品等级分类取决于交易双方通过契约方式商定的合同等级，而不是装载时的玉米实际等级。南部铁路出口集中区的样品等级分类是根据玉米的实际等级确定的，抽样检查的货物批次的合同约定的等级信息不详。除美国 2 号或美国 2 号以外的其他等级的美国汇总结果。由于样品数量有限，未报告除美国二级或美国三级之外的其他等级的美国整体结果。化学成分和物理指标的检测结果未按等级分类进行汇总，因为从墨西哥湾出口集中区和太平洋西北出口集中区的货物批次中抽取的实物样品的合同约定的等级信息不详。

《2023/2024 出口货物报告》样品直接由 FGIS 驻地办公室和官方服务供应商寄到伊利诺伊州尚佩恩市的 IPG Lab。IPG Lab 进行了化学成分、物理指标和霉菌毒素检测。南部铁路出口集中区收集的样品的定级指标检测由伊利诺伊州厄巴纳市的尚佩恩 - 丹维尔谷物检测机构（CDGI）负责实施[1]。CDGI 是 USDA FGIS 指定的伊利诺斯州中东部地区官方谷物检验服务供应商。玉米评级程序符合 FGIS《谷物检验手册》的规定，详情请参看下一节内容。IPG Lab 的多项检测都获得了 ISO/IEC 17025:2017 国际标准认证。请访问 http://www.ilcrop.com/labservices 了解 IPG Lab 的完整认证范围。

A. 定级指标

容重

容重是填满一个温彻斯特蒲式耳容器或 2,150.42 立方英寸时所需的谷物重量。容重是 FGIS 美国玉米评级标准中的一项。

检测容重时，取一个已知容积的实验杯，将漏斗置于实验杯上方的特定高度，倾倒谷粒，使其经过漏斗进入杯中，直至谷粒开始外溢为止，再以整平棒 (strike-off stick) 整平杯内谷粒，然后对杯中留存的谷粒进行称重。测得的重量随后转换为传统的美制单位磅 / 蒲式耳 (lb/bu)。

破碎玉米和杂质

破碎玉米和杂质是 FGIS 美国谷物评级标准中的一项。

破碎玉米是指所有通过 12/64 英寸圆孔筛，但留在 6/64 英寸圆孔筛上的物质；杂质是指所有通过 6/64 英寸圆孔筛的物质，以及留在 12/64 英寸圆孔筛上的粗粒非玉米物质。必要时，FGIS 可以将破碎玉米和杂质作为两个独立的项目分别进行报告；即便如此，破碎玉米和杂质作为履约项目指标出现在《出口货运报告》中。破碎玉米和杂质夹杂物以原始样品重量的百分比来表示。

[1] 在对船只的初始检查期间，FGIS 对从墨西哥湾出口集中区和太平洋西北出口集中区收集的样品进行了定级指标检测。ECA 收集的样品进行了等级指标测试。读者可以通过访问 ttps://fgisonline.ams.usda.gov/ExportGrainReport/default.aspx 获得 FGIS 的装运级定级项目检测结果的平均值数据。

总损率和热损伤

总损率是 FGIS 美国谷物评级标准中的一项。

在检测总损率时，由经过培训和资格认证的检测人员，通过肉眼观测的方式对 250 克具有代表性、不含破碎玉米和杂质的有效样品进行籽粒损伤情况查验。损伤类型包括蓝眼霉斑、穗轴腐烂、烘干受损（与热损伤不同）、籽粒胚芽损伤、热损伤籽粒、虫蚀籽粒、霉变籽粒、类霉物质、丝裂籽粒、表面霉变（枯萎）、霉变（粉红附球菌）和发芽损伤粒。总损率是以总受损谷粒占有效样品重量的百分比来表示。

热损伤是总损率的子项，是指由高温引起的玉米籽粒或碎片显著脱色或损伤。热损伤籽粒由经过培训和资格认证的检测人员对 250 克不含破碎玉米和杂质的样品进行目测查验。如果发现热损伤，会将其与总损率分开报告。

B. 化学成分

近红外透射光谱（NIR）近似分析

本协会采用 NIR 技术分析玉米的化学成分（蛋白质、油脂和淀粉含量）。在检测时，检测人员基于 NIR 技术，利用每件样品特定光波长度之间的相互作用，使用传统化学分析方法进行校正，以此来预测样品中的蛋白质、油脂和淀粉含量。检测程序不会破坏玉米籽粒。

对蛋白质、油脂和淀粉含量进行化学成分检测时，使用 Foss Infratec 1241 近红外透射光谱分析仪，对 550 至 600 克的完整颗粒样品进行检测。NIR 经过化学检测校正，蛋白质、油脂和淀粉预估值的标准误差分别为 0.22%、0.26% 和 0.65%。针对 2016 年度之前的《收获报告》使用的 Foss Infratec 1229 和目前使用的 Foss Infratec 1241，21 个实验室检测样品的分析结果显示，两台仪器在蛋白质、油脂和淀粉含量的平均值方面，分别相差 0.25%、0.26% 和 0.25%。化学成分检测结果以干基百分比表示（无水物的百分比）。

C. 物理指标

百粒重、颗粒体积和颗粒真实密度

百粒重是用精度到 0.1 毫克的分析天平，称量两份重复样品各 100 颗谷粒的平均重量。百粒重的平均值用克表示。

籽粒体积是用氦比重计对两份 100 颗籽粒样品的体积进行计算，结算结果以立方厘米（cm^3）/ 粒来表示。籽粒体积通常介于每粒 0.14（小籽粒）至 0.36（大籽粒）立方厘米之间。

籽粒真实密度是把两份外表完好 100 粒样品分别用质量（或重量）除以其体积（或排水量）得出的。测量结果取两份样品的平均值。真实密度用克 / 立方厘米（g/cm^3）来表示。当水分含量折合值为 12% 至 15% 之间时，真实密度一般在 1.20 至 1.30 g/cm^3 之间。

籽粒真实密度是用 100 颗外表完好的籽粒样品的质量（重量）除以所述颗粒的体积（容积），然后取；两份重复样品的平均值。真实密度用用克 / 立方厘米（g/cm^3）来表示。当“原样”水分含量介于 12% 至 15% 之间时，真实密度介于 1.20 至 1.30 g/cm^3 之间。

应力裂纹分析

应力裂纹检测是利用背光观察板来凸显玉米的裂纹。取 100 颗外观无损的完整玉米，当光源穿过角质或硬质胚乳时，逐粒检查每颗玉米的应力破裂情况。受检的玉米籽粒可以分为两类：（1）无裂纹；（2）1 条或多条裂纹。应力裂纹是用含 1 条或多条以上裂纹的全部玉米籽粒数除以 100 颗玉米后所得到的比例，结果以百分比来表示。应力裂纹水平越低越好，因为应力破裂程度高容易导致玉米在处理过程中发生破裂。部分玉米终端用户会根据不同使用目的，在合同中注明可接受的应力破裂程度。

完整籽粒

在进行完整籽粒检测时，取 50 克干净的玉米（无破碎粒和杂质），逐粒检查。剔除破裂、破碎、有缺口或表皮显著受损的籽粒，然后对剩余的完整籽粒进行称重，结果以最初 50 克样品重量的百分比来表示。部分企业进行了相同的检测，但结果却以“破裂和破碎籽粒”的百分比来表示。若完整籽粒比例为 97.0%，则意味着籽粒破裂和破碎率为 3.0%。

角质（硬质）胚乳

在进行角质 (或硬质) 胚乳检测时，取 20 颗外表完整的玉米，令胚芽面朝上，置于背光观察板上，然后评估每颗籽粒中，角质胚乳在总胚乳中的占比。软质胚乳是不透明的，会阻碍光线，而角质胚乳则是半透明的。在标准指南中，角质胚乳的评定主要依据软质胚乳由籽粒顶端向下方胚芽延伸的程度。检测结果以 20 颗外表完整的玉米的角质胚乳评定结果的平均值来表示。角质胚乳的评定值介于 70% 至 100% 之间，但大多数单个籽粒的检测结果介于 70% 至 90% 之间。

D. 霉菌毒素

为了说明《2023/2024 出口货物报告》中的黄曲霉毒素、DON 和伏马菌素的出现频率，IPG 实验室使用 FGIS 核准的检测试剂盒进行霉菌毒素检测。就本项调查而言，从去壳玉米粒的调查样品中分出 1,000 克实验室样品用于霉菌毒素分析，然后用 Romer 2A 型研磨机将 1,000 克样品粉碎，以便 60% 至 75% 的粉粒能够通过 20 目筛；再从混合均匀的细粉中取出 50 克用于霉菌毒素检测。EnviroLogix AQ 309 BG、AQ 304 BG 和 AQ 411 BG 定量检测试剂盒分别用于黄曲霉毒素、DON 和伏马菌素的分析。以水 (5:1) 萃取 DON 和伏马菌素；以缓冲液（3:1）萃取黄曲霉毒素。使用 EnviroLogix QuickTox 测流试纸检测萃取液，再以 QuickScan 系统对霉菌毒素进行定量。

当毒素浓度超过“侦测极限”时，EnviroLogix 定量检测试剂盒会显示霉菌毒素的特定浓度水平。侦测极限的定义是，分析方法可以统计区别于对照样品（不含真菌毒素) 的最低浓度水平。不同类型的霉菌毒素、检测试剂盒和大宗谷物组合的侦测极限之间存在差异。对于黄曲霉毒素，EnviroLogix AQ 309 BG 的侦测极限为十亿分之 2.7；对于 DON，EnviroLogix AQ 304 BG 的侦测极限为百万分之 0.1。对于伏马菌素测试，EnviroLogix AQ 411 BG 的侦测极限为百万分之 0.1。FGIS 已就使用 Envirologix AQ 309 BG、AQ 304 BG 和 AQ 411 BG 试剂盒定量分析黄曲霉毒素、DON 和伏马菌素发布了检测效能说明。

在前九份《出口货物报告》中，FGIS 提供了黄曲霉毒素的检测结果。针对黄曲霉毒素检测，FGIS 官方协议要求至少研磨 10 磅来自小批量和混合检验样品的去壳玉米。从《2020/2021 出口货物报告》开始，IPG 实验室收到了至少 1,000 克的黄曲霉毒素检测样品。这代表协议有所改变，不同于前九份《出口货物报告》。

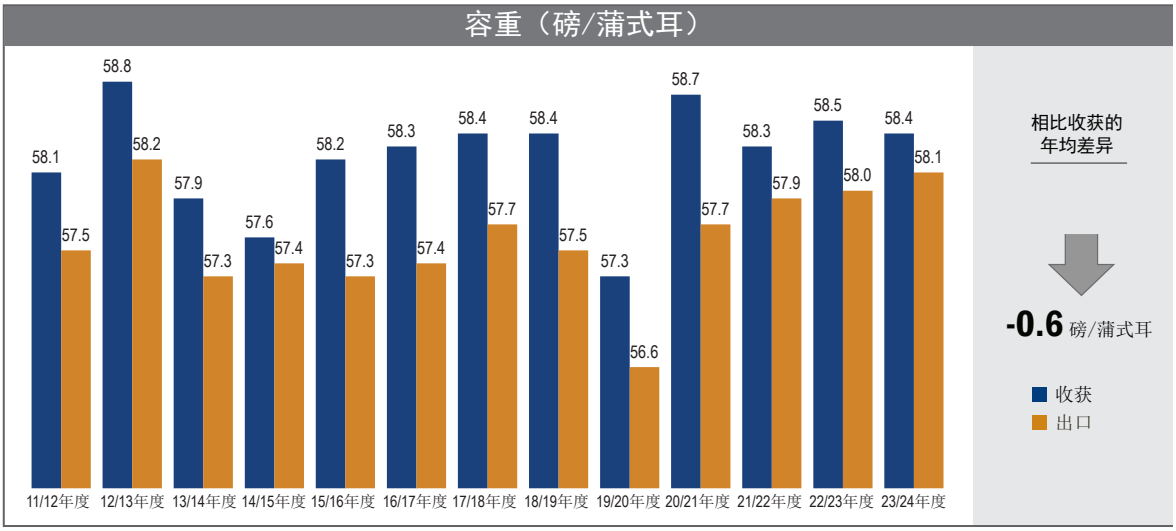
根据前九份《出口货物报告》所采用的 FGIS 官方黄曲霉毒素检测协议，使用 FGIS 核准的研磨机研磨 10 磅样品，然后使用分样器从 10 磅粉末样品中取出两份 500 克的样品，再从 500 克样品中，随机选取 50 克作为检测样品，在将适量的萃取溶剂加入 50 克检测样品之后，即可进行黄曲霉毒素定量分析。检测机构或实验室可能使用了以下经 FGIS 核准的定量检测试剂盒：(8030 or 8035)；R-Biopharm, Inc. RIDASCREEN® FAST Aflatoxin ECO；Romer Labs, Inc. FluoroQuantAfla or AgraStrip Total Aflatoxin Quantitative Test WATEX；PerkinElmer Inc. AuroFlow AQAfla Strip Test；或 VICAMAflaTest™ 或 Afla-V AQUA。

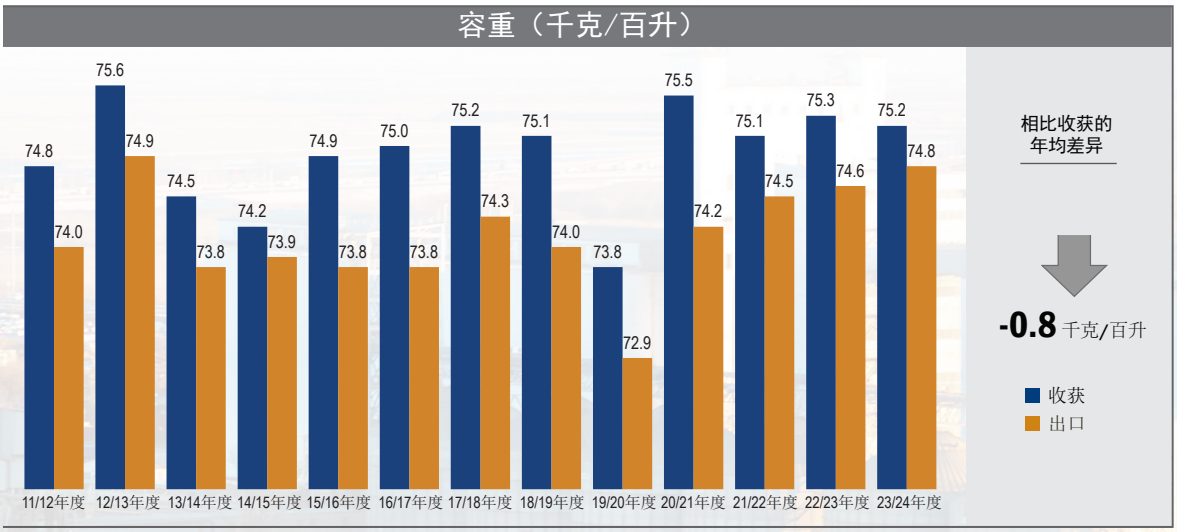
从《2021/2022 出口货物报告》开始，还需检测赭曲霉毒素 A、T-2 和玉米赤霉烯酮。对这三种额外霉菌毒素的检测旨在丰富和完善每年检测的三种霉菌毒素 (黄曲霉毒素、DON 和伏马菌素) 的检测结果所提供的信息。EnviroLogix AQ 113 BG、AQ 314 BG 和 AQ 412 BG 定量检测试剂盒分别用于检测赭曲霉毒素 A、T-2 和玉米赤霉烯酮。对于赭曲霉毒素 A，EnviroLogix AQ 113 BG 定量检测试剂盒的侦测极限为十亿分之 1.5。赭曲霉毒素 A 可以通过谷物缓冲液 (5 毫升 / 克) 来进行萃取。对于 T-2，AQ 314 BG 定量测试试剂盒的侦测极限为十亿分之 50。T-2 可以通过水 (5 毫升 / 克) 来进行萃取。对于玉米赤霉烯酮，EnviroLogix AQ 412 BG 定量检测试剂盒的侦测极限为十亿分之 50。在进行玉米赤霉烯酮检测时，使用 25 克的测试样品，然后使用 EB17 粉末萃取试剂和 75 毫升每样品的水缓冲液来萃取玉米赤霉烯酮。

定级指标

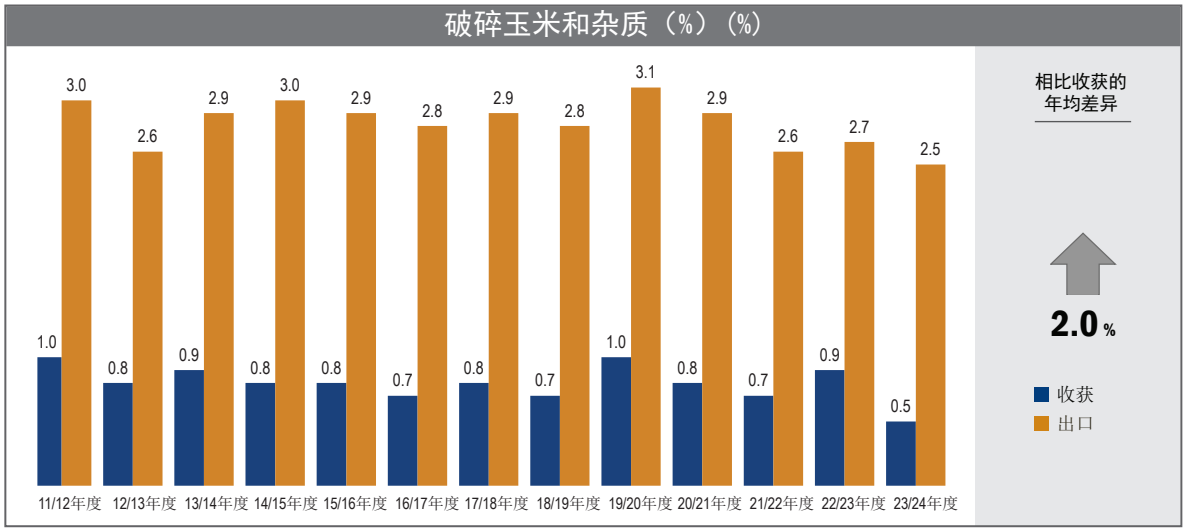
收获和出口货物总体比较

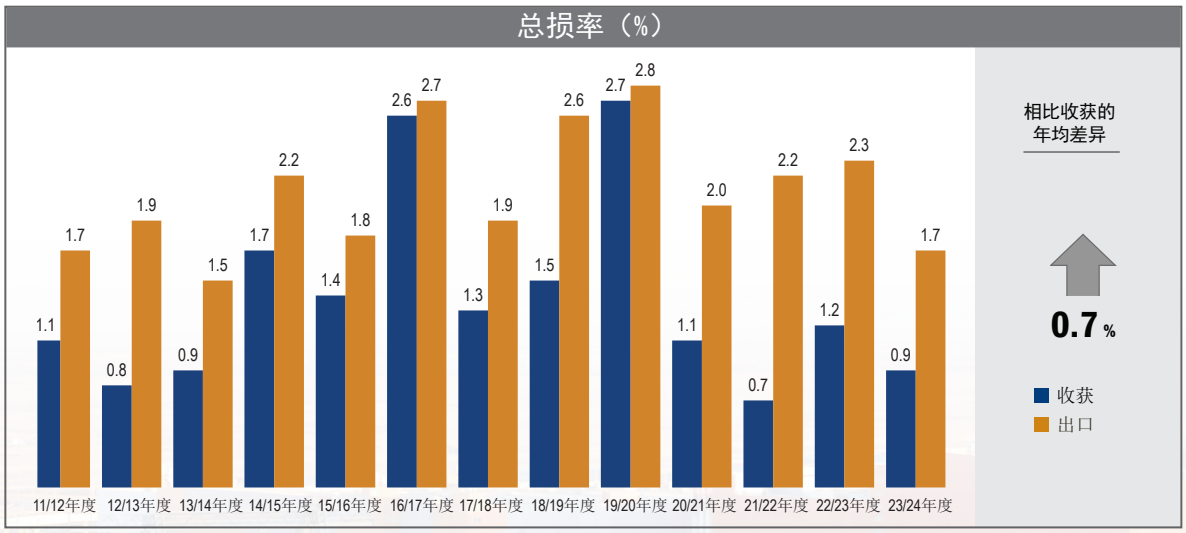
自 2011 年来，美国谷物协会的《出口货物报告》针对每一种进入国际销售通道的美国谷物，向读者提供了清晰、简洁和一致的信息。多年来，品质报告系列始终采取透明一致的方法，提供富有洞见的比较。下列图表展示了历年《收获报告》和《出口货物报告》中，每个品质指标的美国整体平均水平，为今年的检测结果提供了历史背景。





定级指标
收获和出口货物总体比较

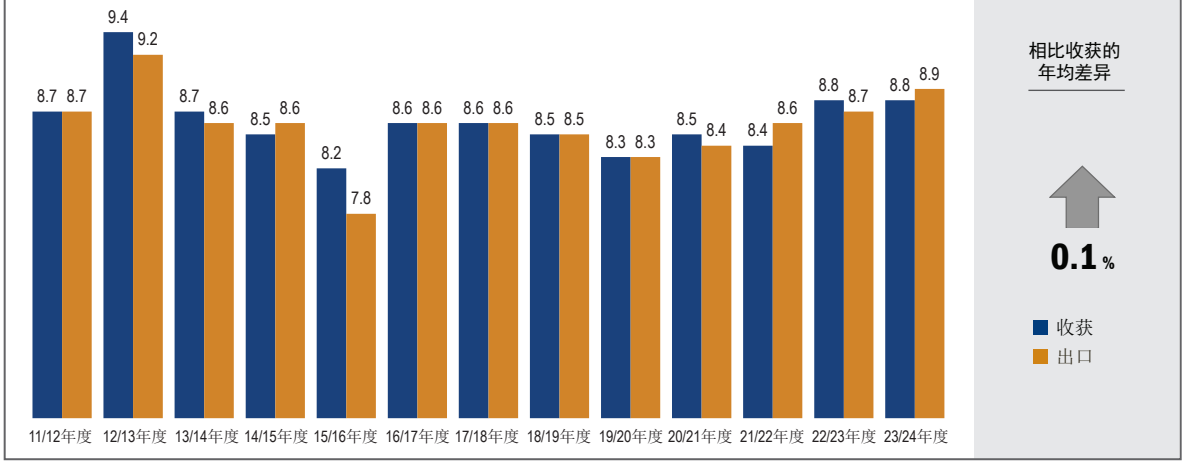




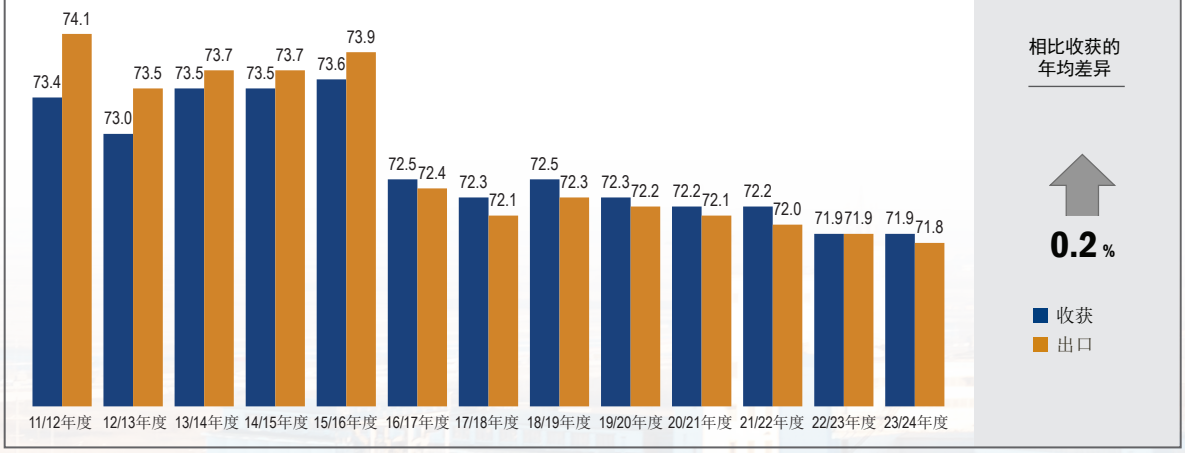
U.S. GRAINS COUNCIL

化学成分
收获和出口货物总体比较

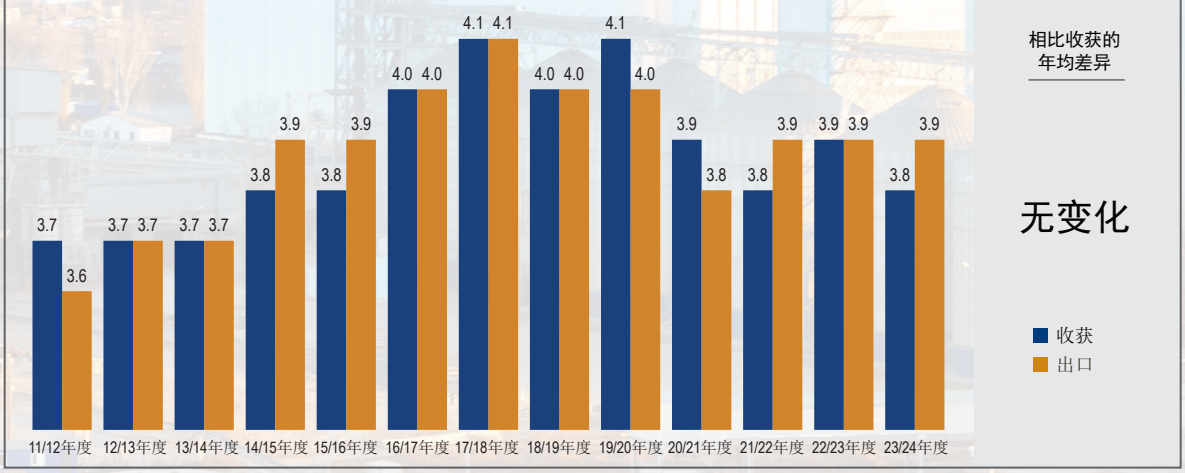
蛋白质（干基，%）



淀粉（干基，%）

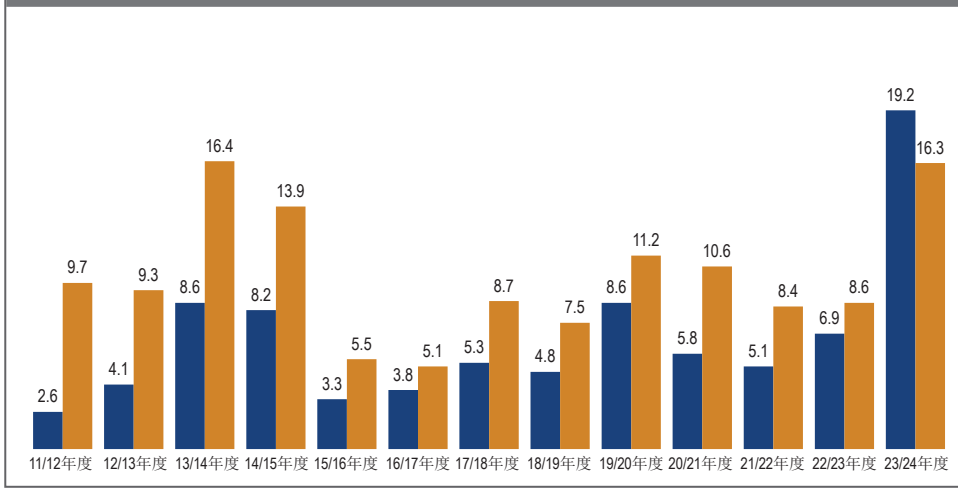


油脂（干基，%）



物理指标
收获和出口货物总体比较

应力裂纹（%）

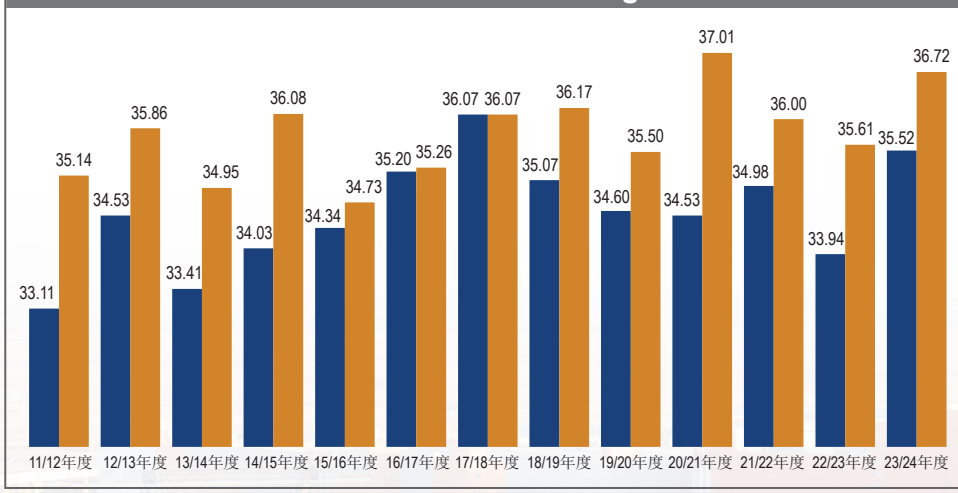


相比收获的年均差异

3.5 %

收获
出口

百粒重（g）

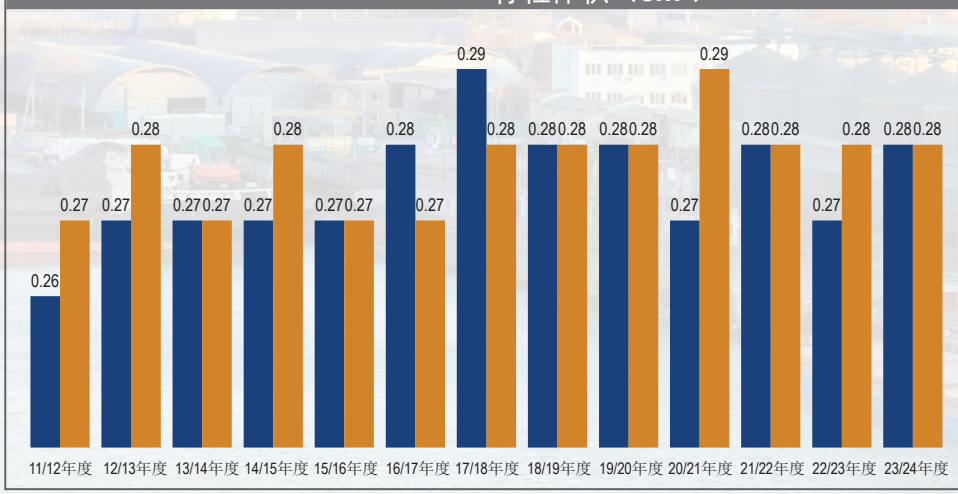


相比收获的年均差异

1.21 g

收获
出口

籽粒体积（cm³）



相比收获的年均差异

无变化

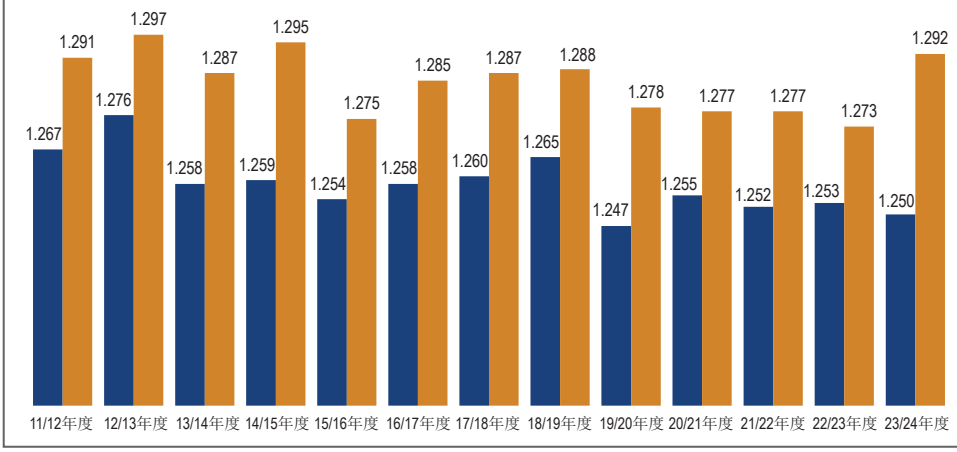
收获
出口

U.S. GRAINS COUNCIL

物理指标

收获和出口货物总体比较

真实密度（cm^3）

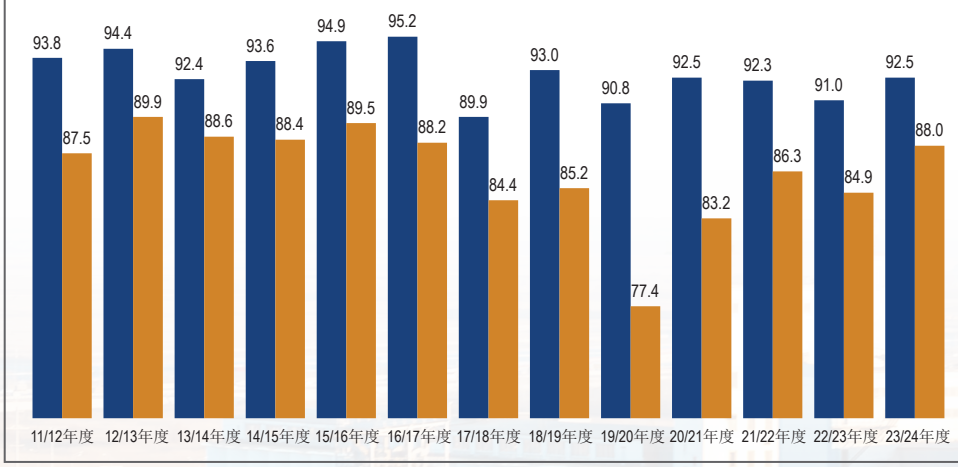


相比收获的年均差异

0.027 g/cm³

收获
出口

完整颗粒（%）

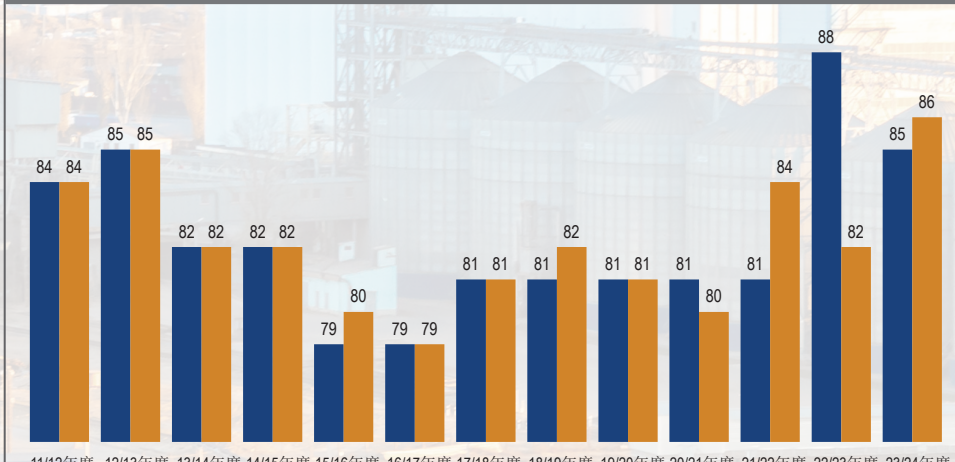


相比收获的年均差异

-6.5 %

收获
出口

角质胚乳



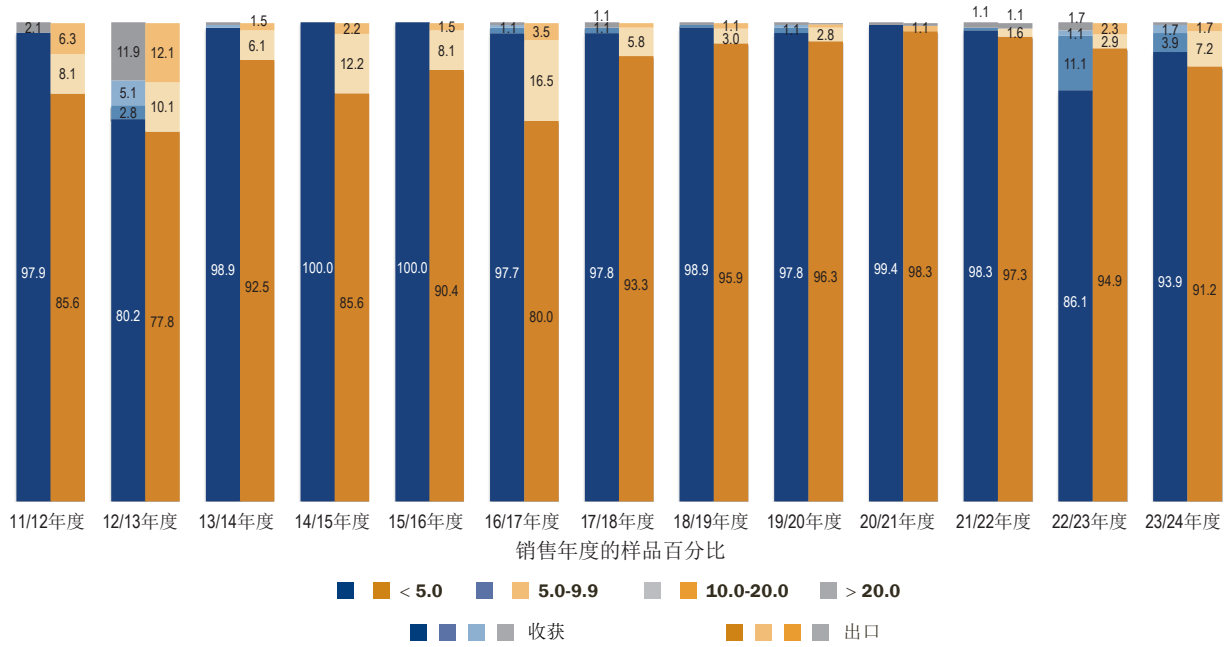
相比收获的年均差异

无变化

收获
出口

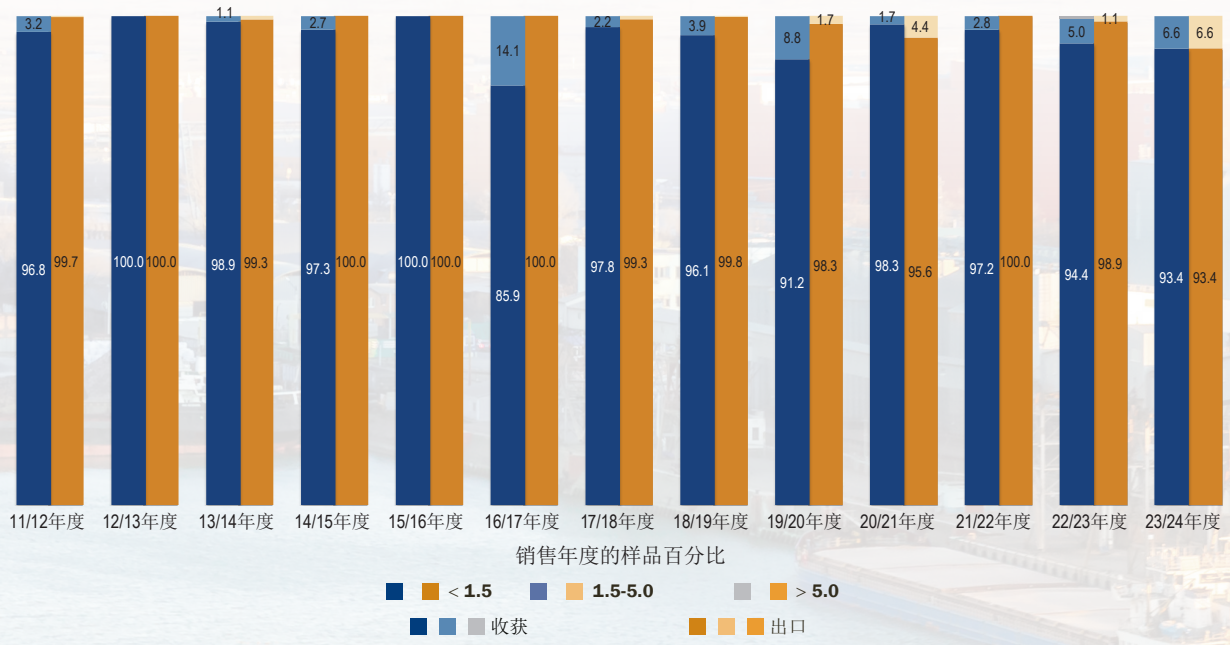
霉菌毒素
收获和出口货物比较

黄曲霉毒素检测结果



*由于可读性问题，小于1.0%的年度值不予标注

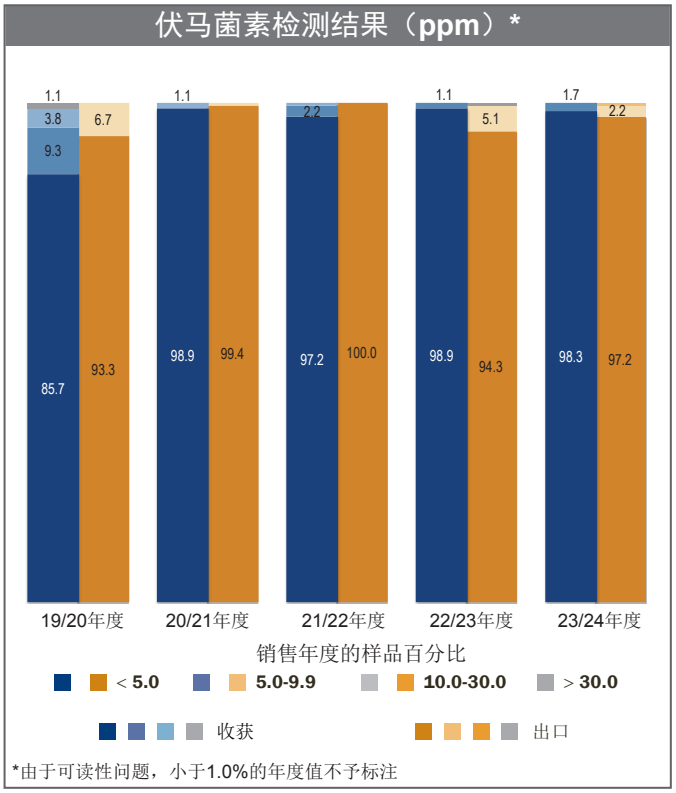
脱氧雪腐镰刀菌烯醇（DON或呕吐毒素）检测结果* (ppm)



*由于可读性问题，小于1.0%的年度值不予标注

U.S. GRAINS COUNCIL

霉菌毒素



*由于可读性问题，小于1.0%的年度值不予标注



美国玉米等级和定级标准

等级	最低容重（磅 / 蒲式耳）	破损粒 最高限值 热损伤（%）	总损率（%））	破碎玉米和杂质（%）
美国一级	56.0	0.1	3.0	2.0
美国二级	54.0	0.2	5.0	3.0
美国三级	52.0	0.5	7.0	4.0
美国四级	49.0	1.0	10.0	5.0
美国五级	46.0	3.0	15.0	7.0

美国样品级为有如下情况的玉米：（a）未能达到美国玉米等级的 1、2、3、4、5 级要求，或（b）混有石块的重量超出样品重量的 0.1%，混有两块及以上的玻璃、三粒或以上的猪屎豆种子（Crotalarla spp）、两颗上或以上的蓖麻子（RicinuscommunisL）、四颗或以上不明异物或混有普遍认为有毒害性的物质、8 粒或以上的苍耳子（Xanthium.spp）或其他单独的或成簇的植物种子、或 1,000 克样品中动物污物超出 0.20%；或（c）有霉味、酸味或作为商品令人不快的异味；或（d）发热或其他明显品质低劣的情形。

资料来源：《联邦法规法典》，第 7 卷，第 810 部分，第 D 部分，美国玉米标准。

美制单位和公制单位换算

玉米单位换算		公制单位换算	
1 蒲式耳 =	56 磅（25.40 千克）	1 磅 =	0.4536 千克
39.368 蒲式耳 =	1 吨	1 英担 =	100 磅或 45.36 公升
15.93 蒲式耳 / 英亩 =	1 吨 / 公顷	1 吨 =	2204.6 磅
1 蒲式耳 / 英亩 =	62.77 千克 / 公顷	1 吨 =	1000 千克
1 蒲式耳 / 英亩 =	0.6277 公担 / 公顷	1 吨 =	10 公担
56 磅 / 蒲式耳 =	72.08 千克 / 百升	1 公担 =	100 千克
		1 公顷 =	2.47 英亩

单位缩写

cm^3 =	立方厘米
g =	克
g/cm^3 =	克 / 立方厘米
kg/hl =	千克 / 百升
lb/bu =	磅 / 蒲式耳
ppb =	十亿分之一
ppm =	百万分之一

U.S. GRAINS COUNCIL

为专业人士搭建全球需求网络，为美国谷物和乙醇拓展国际产品市场



总部

20 F Street NW, Suite 900 • Washington, D.C., 20001
Phone: 202-789-0789 • Fax: 202-898-0522
Email: grains@grains.org • Website: grains.org

中国：北京

Tel1: 011-86-10-6505-1314 • Tel2: 011-86-10-6505-2320
Fax: 011-86-10-6505-0236 • china@grains.org

日本：东京

Tel: 011-81-3-6206-1041 • Fax: 011-81-3-6205-4960
japan@grains.org • www.grainsjp.org

韩国：首尔

Tel: 011-82-2-720-1891 • Fax: 011-82-2-720-9008
seoul@grains.org

台湾：台北

Tel: 011-886-2-2523-8801 • Fax: 011-886-2-2523-0189
taipei@grains.org

中东、非洲和欧洲：突尼斯

Tel: 011-216-71-191-640 • Fax: 011-216-71-191-650
tunis@grains.org

印度：新德里

Tel: +91-11-4603-6437 • usgcindia@grains.org

东南亚：吉隆坡

Tel: 011-603-2093-6826 • kl@grains.org

拉丁美洲：巴拿马城

Tel: 011-507-315-1008 • lta@grains.org

墨西哥：墨西哥城

Tel1: 011-52-55-5282-0244 • Tel2: 011-52-55-5282-0973
Tel3: 011-52-55-5282-0977 • Fax: 011-52-55-5282-0974
mexico@grains.org

开发市场 ■ 推广贸易 ■ 改善生活