



U.S. GRAINS
COUNCIL

2022/2023

トウモロコシ収穫時
品質報告書



U.S. GRAINS
COUNCIL



これほど広範で大規模な報告書を、時宜を得て作成するには、多くの個人や団体の協力が欠かせません。本報告書の作成にあたって監修および調整の労をお取りいただいたセントレック・コンサルティング・グループ LLC (Centrec) のスティーブ・ホフリング氏、リー・シングレトン氏、リサ・エッケル氏およびアレックス・ハーベイ氏に対し、アメリカ穀物協会（当協会）は感謝の意を表します。彼らの分析や報告書作成の作業にはエキスパートチームの力添えを頂きました。外部チームのメンバーにはトム・ホイテーカー博士、ローウェル・ヒル博士、マービン・R・ポールセン博士およびフレッド・ベロー博士が含まれます。さらに、当協会はトウモロコシの品質検査の担当機関であるイリノイ穀物改良協会の分別流通管理穀物研究所（IPG ラボ）とシャンペーン-ダンビル穀物検査所（CDGI）に感謝いたします。

最後になりましたが、全米各地域の穀物エレベーター業者の皆さんの思慮深い時宜にかなった協力なくして、本報告書は作成し得ませんでした。収穫期という繁忙期に、試料の収集および提供にお時間を割いてご尽力頂き心よりお礼申し上げます。

アメリカ穀物協会は、米国農務省（USDA）プログラムの参加団体として連邦、州および地方の公民権法で定める無差別政策と USDA の無差別政策を順守することをコミットします。詳細情報については、USDA のウェブページ (<https://www.usda.gov/non-discrimination-statement>) をご覧ください。

1	アメリカ穀物協会からのご挨拶	
2	収穫時品質のハイライト	
4	はじめに	
6	品質試験結果	
	A. 等級ファクター	6
	B. 水分含量	18
	C. 化学組成	22
	D. 物理的ファクター	32
	E. マイコトキシン	49
59	作柄と気象条件	
	A. 2022 年収穫ハイライト	59
	B. 作付と初期生育の状況	60
	C. 受粉と登熟の状況	62
	D. 収穫の状況	64
	E. 2021 年、2020 年および 5 年平均と比較した場合の 2022 年	66
68	米国産トウモロコシの生産量、消費量および見通し	
	A. 米国産トウモロコシの生産量	68
	B. 米国産トウモロコシの消費量および最終在庫量	71
	C. 見通し	71
75	調査および統計分析の方法	
	A. 概要	75
	B. 調査設計とサンプリング	76
	C. 統計分析	79
80	試験分析法	
	A. 等級ファクター	80
	B. 水分含量	81
	C. 化学組成	81
	D. 物理的ファクター	82
	E. マイコトキシン試験	83
85	推移の検討	
	A. 等級ファクターと水分含量	85
	B. 化学組成	86
	C. 物理的ファクター	87
	D. マイコトキシン	88
89	米国産トウモロコシ補足情報	
BC	USGC 連絡先情報	

アメリカ穀物協会（USGC）は本書「2022/2023年トウモロコシ収穫時品質報告書」において、12回目の年次品質調査結果をご報告いたします。

当協会は本書を提供することにより、米国産トウモロコシの品質に関して信頼性の高い情報を適時に提供し、業界のリーダーが十分な情報を得た上で購入決定を行えるよう支援します。当協会が取引を通じて世界の食料安全保障および相互の経済的恩恵を促進する所存です。

2022年、米国産トウモロコシの作付はシーズン初期の低温により2021年、2022年および過去5年の平均のペースからわずかに遅れました。5月には暖かい天気が戻ったため作付は迅速に進み、2022年のトウモロコシの作付の約半分は5月9日～5月22日の2週間で行われました。生育期の残りの期間は平均以上の気温となる日が続いたため、トウモロコシは過去5年の平均に近いペースで生育・成熟しました。ただし、コーンベルトの西側は、6月高温に曝され平均を下回る降水量となり、残りの生育期間も乾燥した条件となりました。

今年の作柄からの予想が現実になると平均単収は1ヘクタール当たり10.81メートルトン（1エーカー当たり172.3ブッシェル）と見込まれ、過去5年の平均値である1ヘクタール当たり10.90メートルトン（1エーカー当たり173.7ブッシェル）をわずかに下回ります。単収の低下が予想されているため、米国農務省は2022/2023の収穫量を3億5384万メートルトン（139億3000万ブッシェル）と予測しています。この数値は2019/2020の収穫（3億4596万メートルトンまたは136億2000万ブッシェル）以来最も低い値となり、過去5年（3億6453万メートルトンまたは143億5100万ブッシェル）を下回ります。

生育期のこうした問題にもかかわらず、米国は高品質のトウモロコシの生産・供給を実現することで、世界一のトウモロコシ輸出国であり続け、その輸出量は本市場年度の世界の輸出トウモロコシの29.9%を占めると予測されています。

「2022/2023年トウモロコシ収穫時品質報告書」は国内の流通経路に投入される今年度の米国産トウモロコシの収穫時品質情報を提供するものです。バイヤーの皆様が今後目にするようになるトウモロコシの品質は、収穫後の取扱い、ブレンドおよび保管条件の影響を受けます。当協会が作成する報告書の第二弾、「2022/2023年トウモロコシ輸出貨物品質報告書」は積載地である輸出ターミナルにおけるトウモロコシの品質を分析するもので、2023年初頭での発行が予定されています。

当協会は当協会の重要な取引パートナーの皆様に対するサービスとして本報告書をお届けしています。そして、本報告書は市場を開拓し、貿易を可能にし、生活を向上させるという当協会のミッションを遂行する手段の一つとなっています。



Josh Miller
アメリカ穀物協会会長
2022年11月

2022年は、シーズン初頭の低温のためやや遅れた作付に続いて5月から9月までの暖かく乾いた条件によって特徴づけることができるでしょう。こうした条件が収量低下の原因となりましたが、同時に成熟を促進し、適時の収穫を可能にしたため、2022年の収穫の全体的な品質が維持されました。「アメリカ穀物協会 2022/2023 トウモロコシ収穫時品質報告書（2022/2023 収穫時報告書）」の試験対象となった代表的サンプル全体の平均的な品質は、米国（US）No.1 等級の等級ファクター要件を上回り、2022年は質の高い大量のトウモロコシが流通経路に向かうことを示唆しています。本報告書はサンプルの81.5%が米国（US）No.1 等級の等級ファクター要件を満たしており、95.3%が米国（US）No.2 等級の等級ファクター要件を満たしていることを示しています。

過去5年のトウモロコシの各品質ファクターの平均値（5YA¹）と比較して、流通経路に向かう2022年米国産トウモロコシは、容積重は多く、総損傷は少ないものの、破損粒&異物（BCFM）は多く、水分含量はほぼ同じとなっています。2022年トウモロコシの主要な収穫結果のハイライトを次に記載します。

等級ファクターおよび水分含量

容積重は1ブッシェル当たり58.5ポンド（lb/bu）（1ヘクトリットル当たり75.3キログラム（kg/hl））で2021年および5YAを上回っている。

2022年米国集計BCFM平均値（0.9%）は2021年（0.7%）および5YA（0.8%）を上回っている。

2022年米国集計総損傷平均値（1.2%）は2021年（0.7%）を上回るが5YA（1.5%）を下回っている。

2022年サンプルの米国集計熱損傷平均値は0.0%で、2021年および5YAと同じである。

2022年米国集計水分含量の平均値（16.3%）は2021年と同じで、5YA（16.4%）とほぼ同じである。

化学組成

2022年米国集計タンパク質含量平均値（乾物ベース8.8%）は2021年（8.4%）および5YA（8.5%）を上回る。

2022年米国集計デンプン含量平均値（乾物ベース71.9%）は2021年（72.2%）および5YA（72.3%）を下回っている。

2022年米国集計油分含量平均値（乾物ベース3.9%）は2021年（3.8%）を上回っているが5YA（4.0%）を下回っている。

¹ 5YA は 2017/2018、2018/2019、2019/2020、2020/2021 および 2021/2022 の「収穫時報告書」の品質ファクターの平均値または偏差の単純平均を示している。

物理的ファクター

2022 年米国集計ストレスクラック率平均値（6.9%）は 2021 年（5.1%）および 5YA（5.9%）を上回っている。

2022 年米国集計百粒重の平均値は 33.94 グラムで、2021 年（34.98 グラム）および 5YA（35.05 グラム）を下回り、それらの報告書のものより小型の穀粒であることを示している。

2022 年米国集計真の穀粒密度（1 立方センチメートル当たり 1.253 グラム（g/cm³））は 2021 年（1.252 g/cm³）および 5YA（1.256 g/cm³）とほぼ同じである。

2022 年米国集計完全粒の平均値は 91.0%で、2021 年（92.3%）および 5YA（91.7%）を下回っている。

2022 年米国集計硬胚乳の平均値（88%）は、2021 年および 5YA（いずれも 81%）を上回っている。

マイコトキシン

2022 年は 98.3%の試験対象サンプルが米国食品医薬局（FDA）のアフラトキシンの規制レベルである 20.0 ppb 以下であり、試験対象サンプルの 86.1%が 5.0 ppb を下回り、2021 年および 2020 年の割合を下回っている。

2022 年試験対象となったサンプルは 1 件を除くすべて（99.4%）が FDA のデオキシニバレノール（DON）の勧告レベルである 5.0 ppm 以下となった。さらに、試験対象サンプルの 94.4%が 1.5 ppm を下回った。この割合は 2021 年および 2020 年をわずかに下回っている。

2022 年試験対象となったサンプルの 98.9%がフモニシンに対する FDA の最も厳格な指導レベルである 5.0 ppm を下回った。この割合は 2021 年をわずかに上回るが、2020 年と同じである。

「収穫時報告書」によるオクラトキシン A、トリコテセン（T-2）およびゼアラレノンの試験は今年で 3 年目を迎えた。追加した各マイコトキシン試験の 182 サンプルの結果は「品質試験結果」のセクションに記載している。

「2022/2023 年収穫時報告書」は、世界のトウモロコシのバイヤーが流通経路に入る時点の米国産イエローコーンの当初の品質について理解するために役立つよう作成したものです。毎年実施しているこの収穫時の米国産トウモロコシの品質調査も今回で 12 回目となりました。12 年間の結果により、圃場から出荷された時点の米国産トウモロコシの品質に、気象条件や生育条件が及ぼす影響のパターンが浮かび上がってきます。

2022 年の生育期の特徴として作付の遅れ、受粉期・登熟期に高温と干ばつに見舞われた地域があったこと、圃場での急速な乾燥や収穫が挙げられます。適度なストレスを受けたことを考慮して、2022 年の米国産トウモロコシは 3 億 5384 万メートルトン（139 億 3000 万ブッシェル）と予測されています。これが現実になると、2019/2020 期以来最も低い収穫量となります。収量に対する悪影響はあったものの、作付後の生育期間の条件が成長を促し良質な穀粒の生産に奏功しました。2022 年のトウモロコシは 5YA を容積重が上回り、損傷粒率が下回り、タンパク質が上回りました。水分含量は 2021 年と同じで 5YA とほぼ同じでしたが、BCFM およびストレスクラック率は 2021 年および 5YA をいずれも上回りました。

2022 年流通経路に入るトウモロコシには、米国（US）No.1 等級のトウモロコシに求められる各等級ファクターの数値要件を概ね満たしているか上回るという特徴があります。本報告書で示しているように、米国（US）No.1 等級の等級ファクター要件すべてを満たしているサンプルの割合は 81.5%で、米国（US）No.2 等級の等級ファクター要件を満たしているサンプルの割合は 95.3%です。

12 年間にわたるデータはトウモロコシの品質に影響を及ぼす傾向やファクターを評価するための基盤を提供してくれます。加えて、報告の積み重ねにより、輸出バイヤーは年度別の比較を行い、こうした複数年の生育条件に基づいてトウモロコシ品質のパターンを評価することが可能になります。

本「2022/2023 年収穫時報告書」の内容は、トウモロコシ生産・輸出の上位 12 州内の特定の地域から入手した 600 件のイエローコーンのサンプルに基づいています。運ばれてくるトウモロコシのサンプルは、原点での品質を計測・分析し、様々な地域の品質特性のばらつきを示す情報を提供するために各地域の穀物エレベーターから採取されました。

12 州のサンプル採取地域を 3 つのグループに分け、「輸出拠点地域」（ECA）と名付けました。これら 3 箇所の ECA は、地図に示された輸出市場に向かう 3 つの主要輸出経路で区別されています。

輸出拠点地域（ECA）

米国北西部

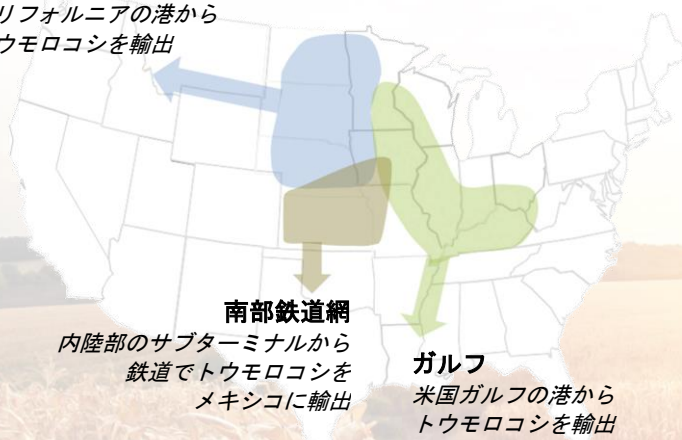
ワシントン、オレゴンおよびカリフォルニアの港からトウモロコシを輸出

南部鉄道網

内陸部のサブターミナルから鉄道でトウモロコシをメキシコに輸出

ガルフ

米国ガルフの港からトウモロコシを輸出



米国集計の値と 3ECA 地域それぞれの値についてサンプル分析の結果を報告し、米国産トウモロコシの品質の地域によるばらつきを全体的に把握することができるようにしています。

収穫時に確認されるトウモロコシの品質特性は、最終的に輸出顧客の手元に到着するトウモロコシの品質の基礎となるものです。ただし、トウモロコシは、米国の市場システムの経路を進むに従って、他の地域のトウモロコシとブレンドされたり、トラックやバージ船、貨物列車に混載されたりして、保管、積み込み、積み卸しが何度も繰り返されます。そのため、市場投入当初から輸出エレベーターに至るまでの間にトウモロコシの品質や状態は変化する場合があります。この理由から、「2022/2023 年収穫時報告書」は、当協会が 2023 年初頭に発表した「2022/2023 年トウモロコシ輸出貨物品質報告書」と併せて綿密に検討する必要があります。いうまでもなく、輸出貨物のトウモロコシの品質は買い手と売り手との契約に基づくものであり、買い手側は自らにとって重要な品質ファクターについて自由に交渉することができます。

本報告書には、試験を実施した各品質ファクターについて、サンプルの米国集計と 3 箇所の ECA 別の平均値および標準偏差を含む詳細な情報を記載しています。「品質試験結果」のセクションでは以下の品質ファクターについてまとめています。

- 等級ファクター：容積重、破損粒&異物 (BCFM)、総損傷および熱損傷
- 水分含量
- 化学組成：タンパク質、デンプンおよび油分含量
- 物理的ファクター：ストレスクラック、百粒重、穀粒容積、真の穀粒密度、完全粒および硬胚乳
- マイコトキシン：アフラトキシン、デオキシニバレノール (DON)、フモニシン、オクラトキシン A、T-2 およびゼアラレノン

これらに加えて、「2022/2023 年収穫時報告書」には米国産トウモロコシの作柄および気象条件、トウモロコシの生産量、消費量および見通しについての簡単な説明、調査方法、統計分析方法ならびに試験分析方法についての詳細な説明を記載し、さらに、過去の所見のセクションでは対象となった全 12 年間の報告から得た各品質ファクターの平均値を記載しています。

A. 等級ファクター

米国農務省（USDA）の連邦穀物検査部（FGIS）は、様々な品質特性の測定に用いる等級や定義、基準の数値を定めています。トウモロコシの等級を決定する特性は容積重、破損粒&異物（BCFM）、総損傷および熱損傷です。こうした特性の数値要件を示した表は本報告書の「米国産トウモロコシ補足情報」のセクションと次ページに掲載しています。

概要：等級ファクターおよび水分含量

- 次ページに示した数値は、米国（US）No.1 および No.2 等級ファクターの限界値を満たす各年のサンプルの割合を表している。概ねサンプルの 81.5%は米国（US）No.1 等級の等級ファクター要件をすべて満たし、サンプルの 95.3%は米国（US）No.2 等級の等級ファクター要件を満たしている。
- 容積重の米国集計平均値（58.5 lb/bu または 75.3 kg/hl）は 2021 年（58.3 lb/bu または 75.1 kg/hl）を上回り、2020 年（58.7 lb/bu または 75.5 kg/hl）を下回り、5YA および 10YA¹（いずれも 58.2 lb/bu または 74.9 kg/hl）を上回っている。2022 年サンプルのうち、容積重が 56.0 lb/bu 以上となったものは 93.1%である。
- 2022 年の BCFM の米国集計平均値（0.9%）は 2021 年（0.7%）、2020 年、5YA および 10YA（いずれも 0.8%）を上回るが、米国（US）No.1 等級の上限値（2.0%）を大きく下回っている。
- BCFM のレベルはトウモロコシのサンプルの 97.7%が No.2 等級に認められている上限値の 3.0%以下である。ガルフ ECA、米国北西部 ECA および南部鉄道網 ECA の平均 BCFM レベルは（いずれも 0.9%）、すべて米国（US）No.1 等級の限界値を下回っている。
- 2022 年の破損粒の米国集計平均値は 0.7%で、2021 年、2020 年、5YA および 10YA（いずれも 0.6%）を上回っている。
- 異物混入率の米国集計平均値（0.2%）は 2021 年、2020 年、5YA および 10YA と同じである。
- 2022 年の総損傷率の米国集計サンプルの平均値（1.2%）は、2021 年（0.7%）を上回り、2020 年（1.1%）とほぼ同じだが、5YA および 10YA（いずれも 1.5%）を下回り、米国（US）No.1 等級の限界値（3.0%）を大きく下回っている。
- 損傷粒の割合が 3.0%以下のサンプルは全体の 92.7%である。ガルフ ECA、米国北西部 ECA および南部鉄道網 ECA のサンプルの総損傷平均値はそれぞれ 1.4%、0.8%および 1.1%であり、いずれも米国（US）No.1 等級の限界値（3.0%）を下回っている。

¹ 10YA は「2012/2013 年収穫時報告書」から「2021/2022 年収穫時報告書」までの品質ファクターの平均値または標準偏差の単純平均を示している。

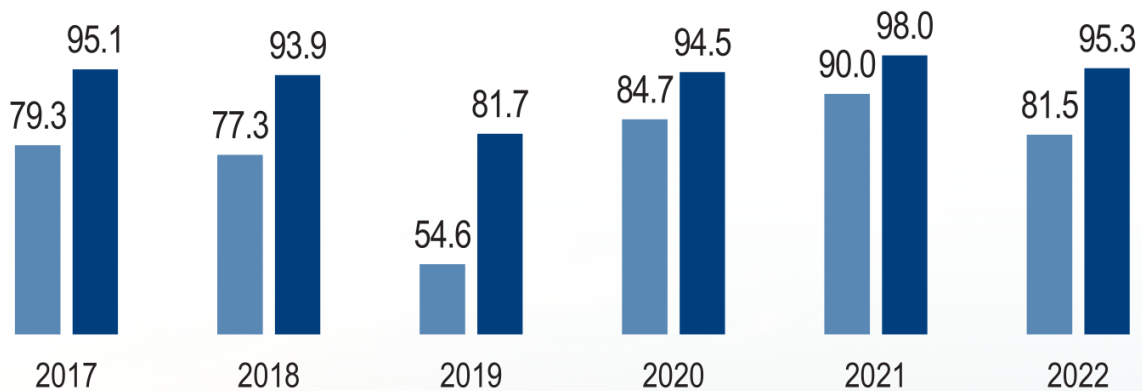
概要：等級ファクターおよび水分含量

- 2022 年のサンプルの熱損傷米国集計平均値は 0.0%であり、これは 2021 年、2020 年、5YA および 10YA のサンプルと同じである。
- 2022 年の水分含量米国集計平均値（16.3%）は 2021 年および 10YA と同じで、5YA（16.4%）とほぼ同じだが、2020 年（15.8%）を上回る。
- 2022 年のガルフ ECA、米国北西部 ECA および南部鉄道網 ECA の水分含量平均値はそれぞれ 16.8%、15.7%および 15.9%である。水分含量が 17.0%を超える 2022 年のサンプルの割合は 32.3%だが、これに対し 2021 年は 32.4%だった。水分含量を常に観察して十分に低いレベルに維持し、カビが増殖して貯蔵寿命が短くなる可能性を回避するよう注意する必要がある。

すべての等級別要件を満たすサンプル (%)

■ 米国 (US) No.1

■ 米国 (US) No.2



米国産トウモロコシの等級および等級要件

等級	ブッシェル当たりの 容積重最小値 (ポンド)	最大限界値 損傷粒		
		熱損傷 (%)	総損傷 (%)	破損粒&異物 (%)
米国 (US) No.1	56.0	0.1	3.0	2.0
米国 (US) No.2	54.0	0.2	5.0	3.0
米国 (US) No.3	52.0	0.5	7.0	4.0
米国 (US) No.4	49.0	1.0	10.0	5.0
米国 (US) No.5	46.0	3.0	15.0	7.0

容積重

容積重（容積当たりの重量）はかさ密度を表し、全体的な品質を示す一般的な指標として、また、アルカリ処理やドライミリング処理をする業者向けの胚乳の硬度を示す目安としてよく用いられます。容積重が高いトウモロコシは容積重が低い同じ重量のトウモロコシよりも少ないスペースで保管することができます。容積重という観点で穀粒の構造に最初に影響を及ぼすのは遺伝子的な差異です。ただし、乾燥方法、トウモロコシ粒の物理的損傷（破損粒および表面擦損）、サンプルに混入した異物、穀粒の大きさ、生育期間中のストレス、微生物被害、および水分含量からの影響も受けます。通常、トウモロコシを徐々に乾燥させると、水分が1パーセント減るごとに容積重は0.25~0.33 lb/bu 増える可能性があります。ただし、トウモロコシ粒の大きさ、形状、微細物、損傷、乾燥速度といったその他のファクターは、容積重が変わる可能性に影響を与える場合があります²。

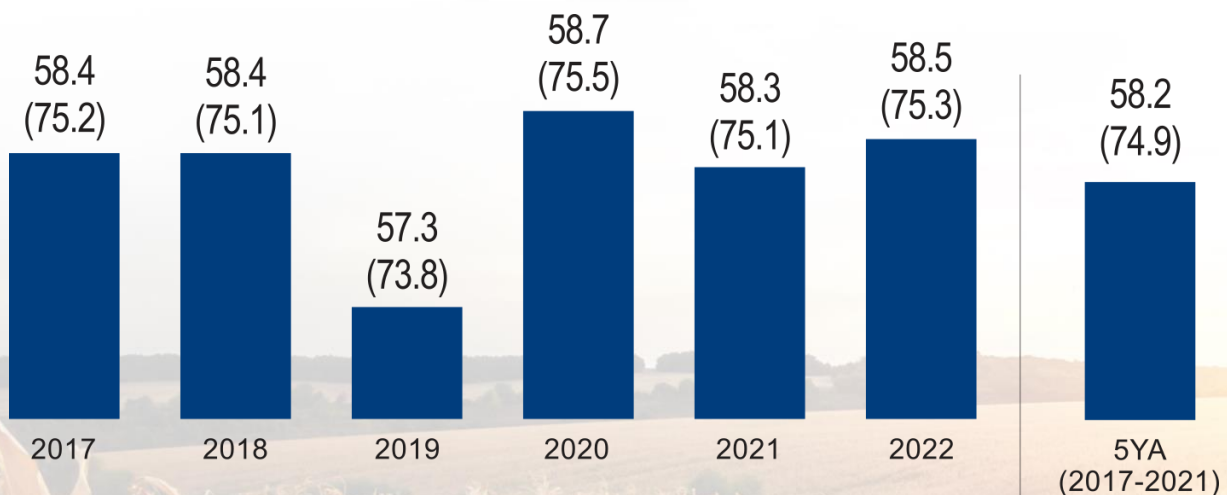
圃場から搬入された地点でサンプルを採取・測定した場合、一般的に、水分含量が一定であれば、高い容積重の値は高い品質、高い硬胚乳率、かつ、完全で破損や異物のないトウモロコシであることを示唆します。容積重は真の密度と正の相関関係にあり、穀粒の硬さと成熟度を反映します。

結果

- 2022年の容積重米国集計平均値（58.5 lb/bu または 75.3 kg/hl）は米国（US）No.1等級の最小値（56.0 lb/bu）を大きく上回っている。2021年（58.3 lb/bu または 75.1 kg/hl）を上回り、2020年（58.7 lb/bu または 75.5 kg/hl）を下回り、5YA および 10YA（いずれも 58.2 lb/bu または 74.9 kg/hl）を上回っている。

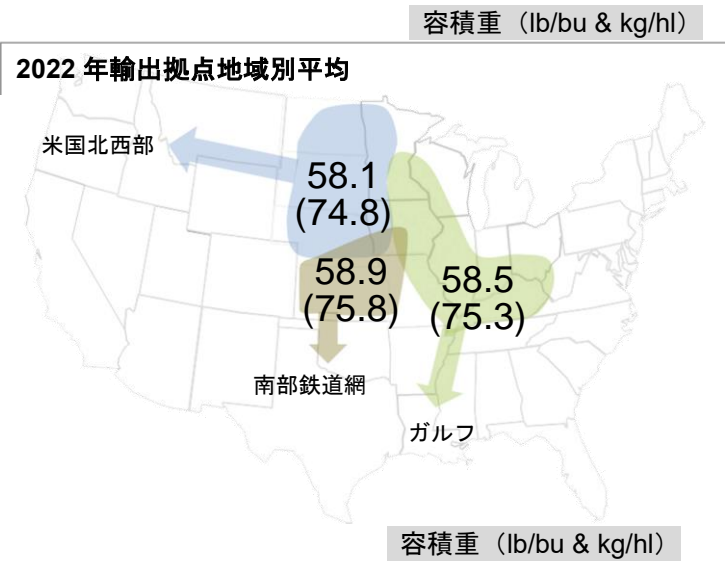
容積重 (lb/bu & kg/hl)

米国集計結果の概要



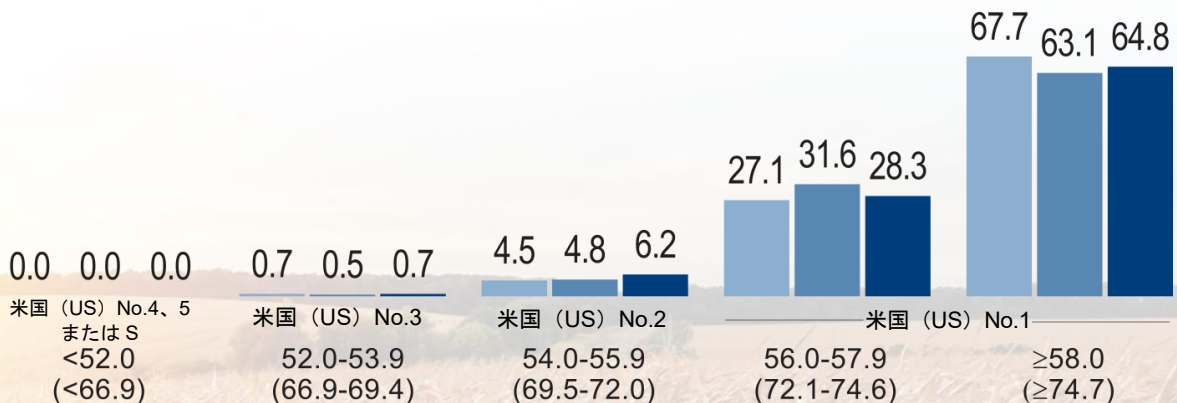
² Hellevang, K. (2019年)「トウモロコシ容積重は数多くのファクターから影響を受ける」 NDSU Agricultural Communication, 2019年11月27日、NDSU エクステンション・サービス

- 2022 年の容積重米国集計の標準偏差 (1.30 lb/bu) は 2021 年 (1.18 lb/bu)、2020 年 (1.22 lb/bu)、5YA (1.24 lb/bu) および 10YA (1.26 lb/bu) を上回っている。
- 2022 年の収穫時サンプルのばらつき幅は 10.8 lb/bu (52.3~63.1 lb/bu) で、2021 年のばらつき幅である 8.8 lb/bu (53.3~62.1 lb/bu) および 2020 年のばらつき幅である 9.9 lb/bu (52.6~62.5 lb/bu) を上回っている。
- 2022 年の容積重の分布をみると、米国 (US) No.1 等級の限界値 (56.0 lb/bu) 以上のサンプルは 93.1%で、これに対し 2021 年は 94.7%、2020 年は 94.8%である。2022 年のサンプルで米国 (US) No.2 等級の限界値 (54.0 lb/bu) を上回るものは 99.3%で、これに対し 2021 年は 99.5%、2020 年は 99.3%である。
- 2022 年の容積重平均値はガルフ ECA (58.5 lb/bu) および米国北西部 ECA (58.1 lb/bu) が低い。南部鉄道網 ECA の容積重平均値 (58.9 lb/bu) は 2022 年、2021 年、2020 年、5YA および 10YA のいずれでも最も高い。



収穫年別サンプル割合

■ 2020 ■ 2021 ■ 2022



破損粒&異物 (BCFM)

破損粒&異物 (BCFM) の値は飼料や加工に用いることのできる清浄で健全なトウモロコシ粒の量を測る目安となります。BCFM の割合が低いほどサンプル中の異物や破損粒が少ないことを示しています。通常、圃場から運ばれてきたトウモロコシのサンプル中 BCFM の値が高いものについては、収穫方法や圃場の雑草の種子にその原因を見出すことができます。採用する方法や穀粒の健全性によって変化するものの、一般に BCFM の値は乾燥や取扱いの過程で破損粒が増えることによって増加します。

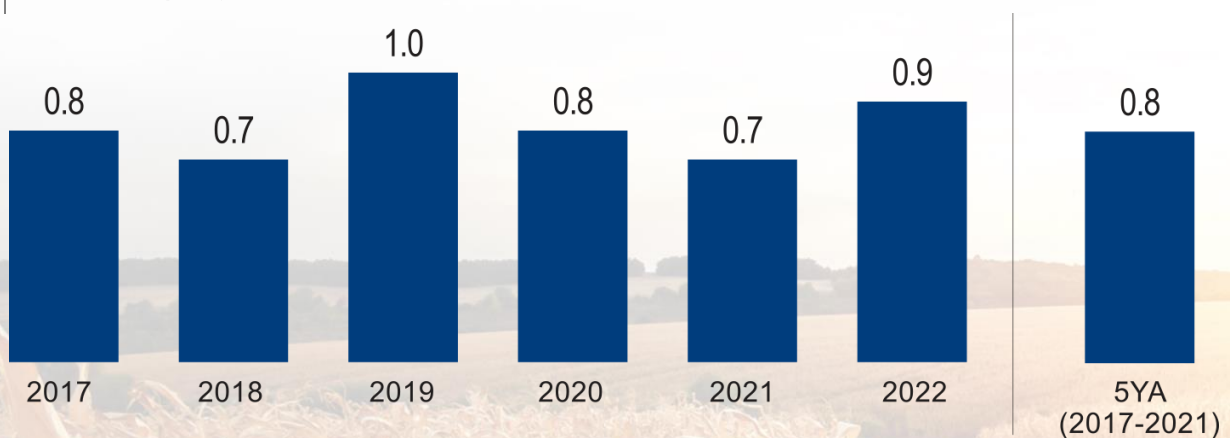
破損粒 (BC) とは目開き 12/64 インチのふるいを通過するほど小さく、かつ、目開き 6/64 インチのふるいは大きすぎて通過しないトウモロコシ粒およびその他の物質 (雑草の種子等) と定義されています。

異物 (FM) は目開き 12/64 インチのふるいを通過しない大きな物質でトウモロコシ以外のものや、目開き 6/64 インチのふるいを通過するすべての小さな物質と定義されています。

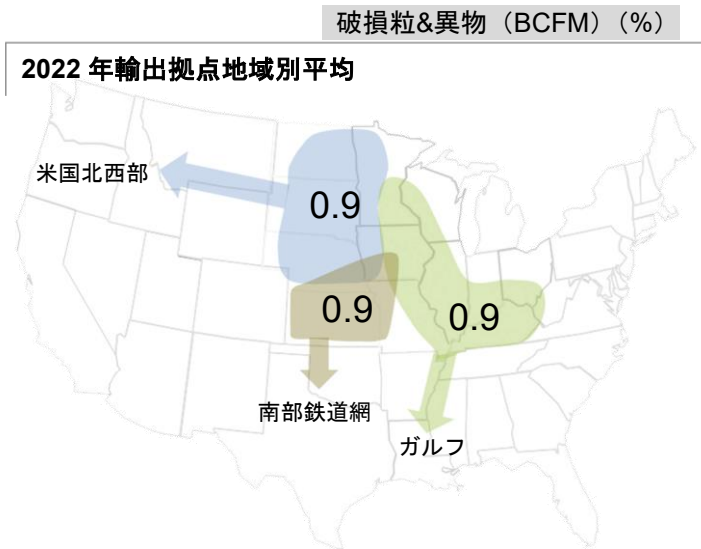
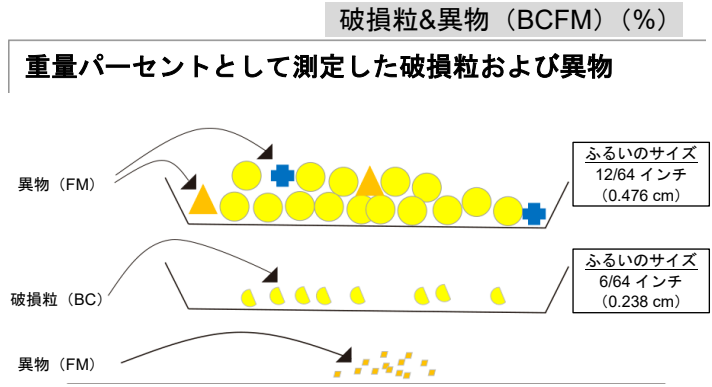
次ページの図は米国産トウモロコシ等級で用いられる破損粒および異物を測定するための方法を示したものです。

結果

- 2022 年の BCFM 米国集計平均値 (0.9%) は 2021 年 (0.7%)、2020 年、5YA および 10YA (いずれも 0.8%) を上回るものの、米国 (US) No.1 等級の上限値 (2.0%) を大きく下回っている。
- 標準偏差 (0.59%) に基づく 2022 年トウモロコシの BCFM のばらつきは 2021 年 (0.46%)、2020 年 (0.49%)、5YA および 10YA (いずれも 0.54%) を上回っている。

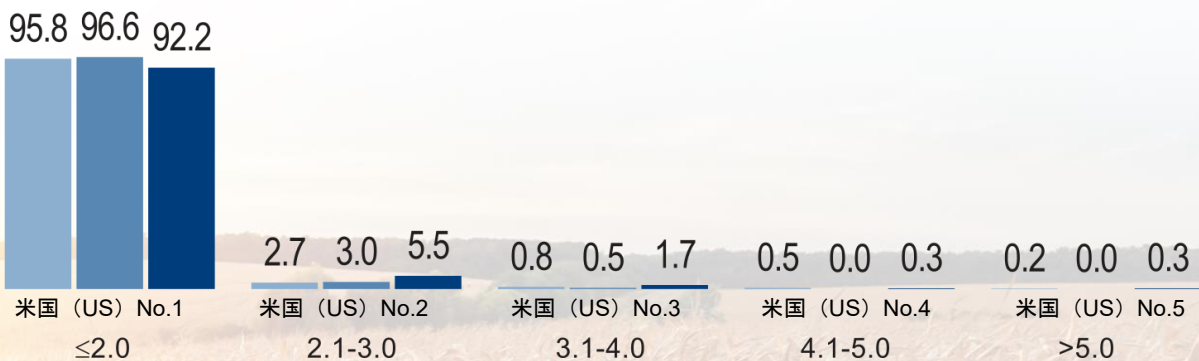
破損粒&異物 (BCFM) (%)
米国集計結果の概要


- 2022 年収穫時サンプルの BCFM の最小値と最大値の幅は 7.0% (0.0~7.0%) である。この値は 2021 年サンプルの 3.4% (0.0~3.4%) を上回り、2020 年サンプルの 8.7% (0.1~8.8%) を下回っている。
- 2022 年のサンプル分布では、米国 (US) No.1 等級の BCFM の上限値 (2.0%) 以下の割合は 92.2% で、これに対し 2021 年は 96.6%、2020 年は 95.8% である。サンプルのほぼすべて (97.7%) が米国 (US) No.2 等級の BCFM の上限値である 3.0% 以下である。
- ガルフ ECA、米国北西部 ECA および南部鉄道網 ECA の BCFM 平均値はいずれも 0.9% であり、米国 (US) No.1 等級の限界値を下回っている。



収穫年別サンプル割合

■ 2020 ■ 2021 ■ 2022

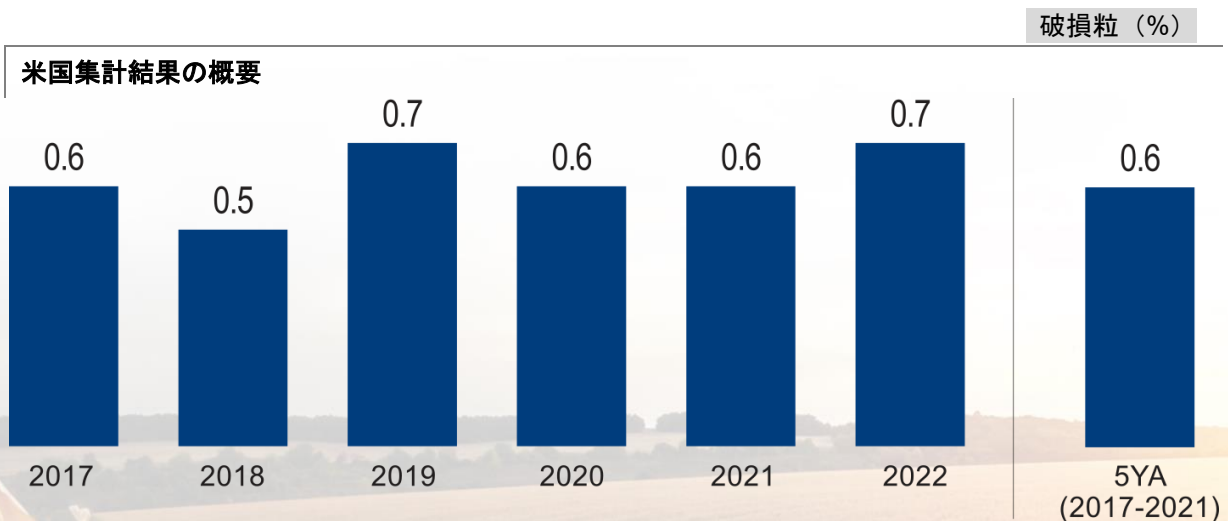


破損粒

米国等級では破損粒は穀粒のサイズに基づいて測定され、通常わずかな割合ながらトウモロコシ粒以外の物質が含まれます。破損粒は完全粒よりもカビや害虫の被害を受けやすく、取扱いや加工上の問題を引き起こすことがあります。貯蔵大型ビン内で拡散させたりかき混ぜたりしなければ、破損粒はビン内の中央にたまりやすく、完全粒は外縁に移動する傾向があります。破損粒が集まりやすい中央部分は「スパウトライン」として知られています。必要に応じて、ビンの中央からこうしたトウモロコシ粒を引き出すことでスパウトラインを低減することができます。

結果

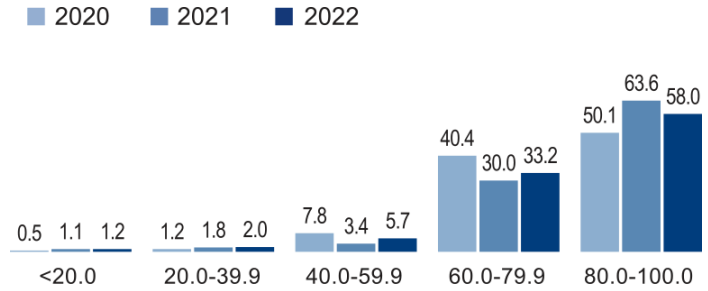
- 2022年のサンプルの破損粒米国集計平均値は0.7%で、2021年、2020年、5YAおよび10YA（いずれも0.6%）を上回っている。
- 2022年のトウモロコシでは、サンプル間の破損粒のばらつきは標準偏差からわかるように、過去の数年をわずかに上回る。2022年、2021年、2020年、5YAおよび10YAの標準偏差はそれぞれ0.44%、0.33%、0.34%、0.37%および0.38%である。
- 2022年の破損粒のばらつき幅は6.6%（0.0~6.6%）で、2021年の2.3%（0.0~2.3%）および2020年2.8%（0.0~2.8%）を上回る。



- 2022 年のサンプルの分布をみると、破損粒の値は 1.0% 以上のものが 20.7% を占め、これに対し 2021 年は 13.5%、2020 年は 15.4% である。
- BCFM に占める破損粒の割合を示した右の分布図では、58.0% のサンプルにおいて、BCFM が 80.0% 以上破損粒により構成されていることを示している。
- 破損粒の割合は、ガルフ ECA、米国北西部 ECA および南部鉄道網 ECA のいずれも 0.7% である。

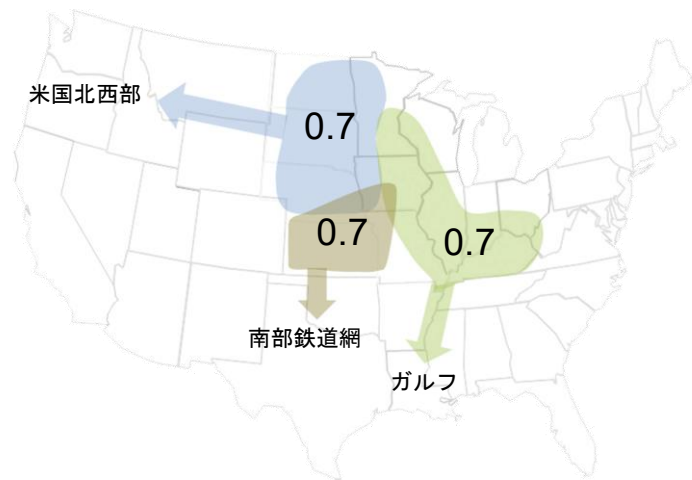
破損粒 (BCFM に占める割合)

BCFM に占める割合で示した収穫年別サンプル



破損粒 (%)

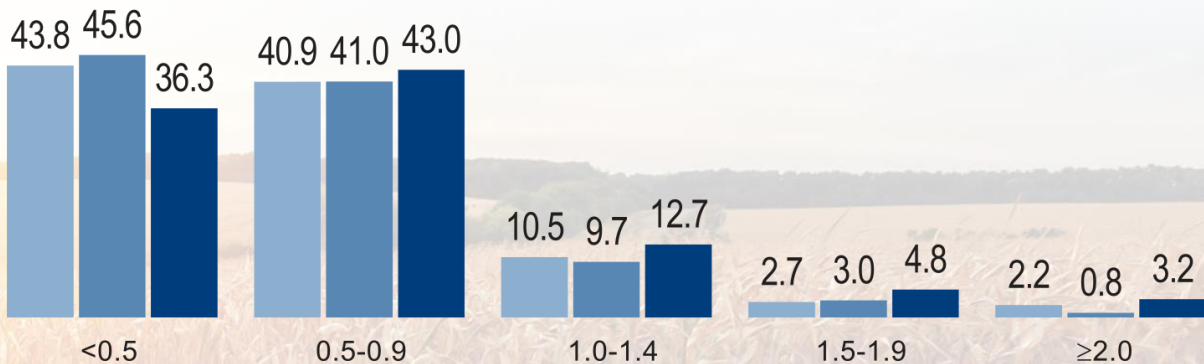
2022 年輸出拠点地域別平均



破損粒 (%)

収穫年別サンプル割合

2020 2021 2022

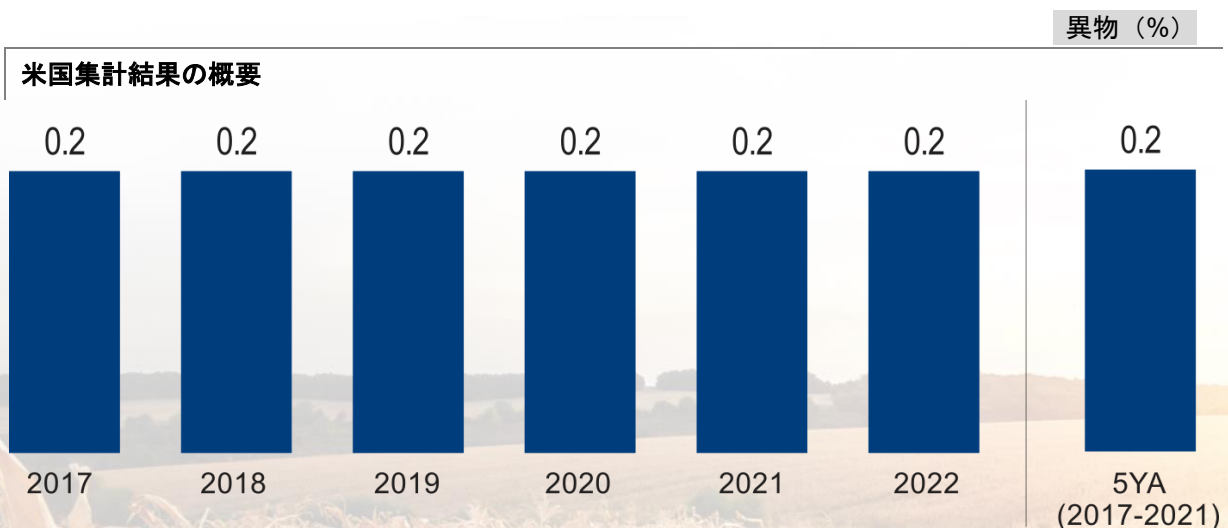


異物

異物は、飼料や加工用としての価値を落とす重大な要因です。一般に、異物はトウモロコシよりも水分含量が高く、そのため保管中のトウモロコシの質を低下させる可能性があります。加えて、異物は（「破損粒」のセクションで述べたように）スパウトラインの原因にもなります。水分含量が多いために破損粒よりも一層品質問題を引き起こす可能性が高くなります。

結果

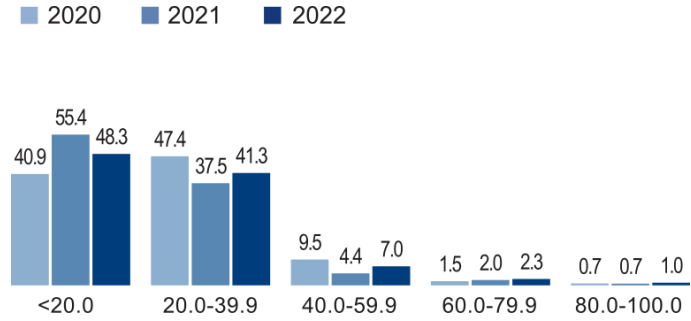
- 米国集計サンプルに占める異物の割合の平均値は、2022年、2021年、2020年、5YA、10YAのいずれも0.2%である。コンバインは極小の物質でも除去するように設計されており、対象年を通し混入異物の割合が一貫して低いことから判断して、コンバインの機能が十分に発揮されていると考えられる。
- 標準偏差で示されるばらつきについては、2022年の米国集計サンプル（0.23%）は2021年（0.18%）を上回り、2020年（0.22%）、5YA（0.24%）および10YA（0.22%）とほぼ同じである。
- 2022年サンプルの異物のばらつき幅は0.0~3.0%で、2021年（0.0~1.8%）を上回るものの、2020年（0.0~8.3%）を下回っている。



- 2022 年のトウモロコシでは異物の値が 0.5%未満のサンプルは 89.5%で、2021 年（93.4%）および 2020 年（92.3%）を下回る。
- BCFM に占める異物の割合を示す右の分布図は、サンプルの 48.3%で異物が BCFM の 20.0%未満であることを示している
- ガルフ ECA、米国北西部 ECA および南部鉄道網 ECA の異物の割合はそれぞれ 0.2%、0.3%および 0.2%である。2021 年、2020 年、5YA および 10YA のいずれにおいても、ECA すべての異物の平均は 0.2%となっている

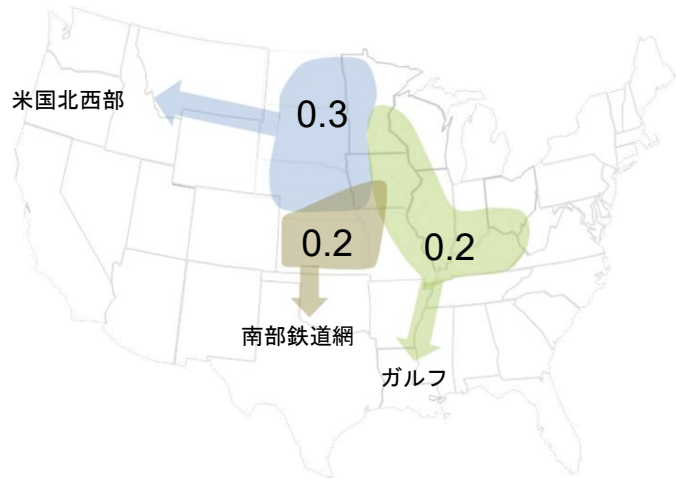
異物（BCFM に占める割合）

BCFM に占める割合で示した収穫年別サンプル



異物 (%)

2022 年輸出拠点地域別平均



異物 (%)

収穫年別サンプル割合



総損傷

総損傷率とは、カビ、霜、害虫、発芽、病害、天候、土壌、細菌および熱に起因する損傷を含め、どのようなかたちであれ、目視検出可能な被害や損傷のある穀粒とそのかけらの割合です。熱損傷は総損傷の一部であり、許容値が米国等級基準で別途定められています。こうした種類の損傷の大半は一種の退色や穀粒の質感の変化を引き起こします。割れていること以外に外観上の異常が見られない穀粒のかけらは損傷粒に含めません。

一般に、カビによる被害は生育期間中または保管期間中の水分含量の高さや高温と関係付けられます。ディプロディア属、アスペルギルス属、フザリウム属、ジベレラ属等、圃場の複数のカビ類は気象条件がこうした菌の発生に適している場合には生育期間中のカビ被害に結びつくことがあります。カビ被害の原因となる菌類の中にはマイコトキシンを産生するものもありますが、すべての菌類がマイコトキシンを産生するわけではありません。トウモロコシを乾燥させ、冷却して低温にすると、カビの発生する可能性は減ります。

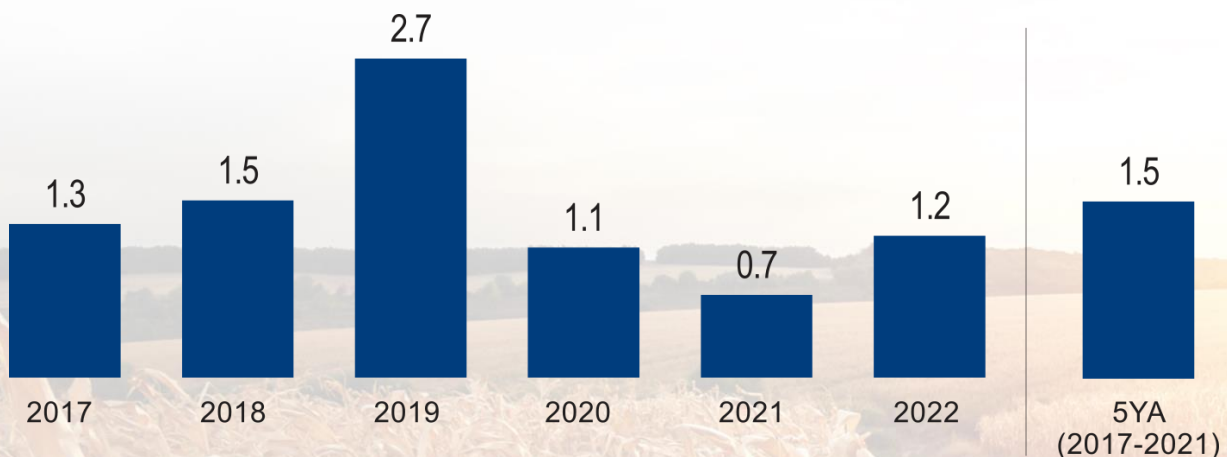
熱損傷は、暖かく湿ったトウモロコシ中の微生物の活動や乾燥工程で加えた高熱により発生することがあります。収穫時に圃場から直接運ばれてくるトウモロコシに熱損傷が存在することは稀です。

結果

- 2022年の米国集計の総損傷平均値（1.2%）は2021年（0.7%）を上回り、2020年（1.1%）とほぼ同じだが、5YAおよび10YA（いずれも1.5%）を下回っている。2022年の総損傷平均値は米国（US）No.1等級の限界値（3.0%）を大きく下回っている。

総損傷（%）

米国集計結果の概要

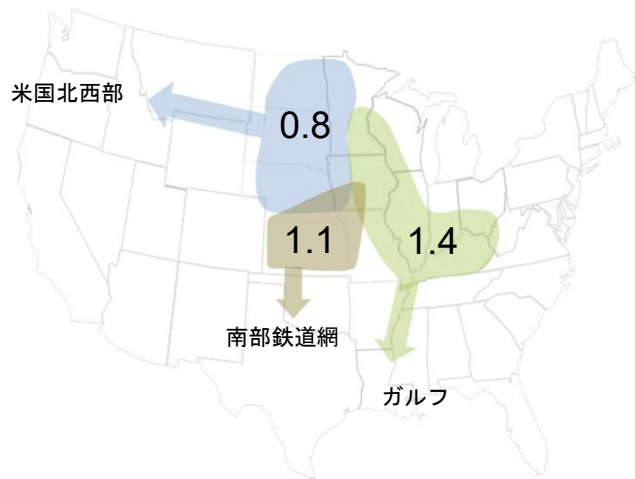


- 標準偏差に基づく2022年（1.08%）の総損傷のばらつきは2021年（0.59%）を上回り、2020年（1.06%）とほぼ同じだが、5YA（1.28%）および10YA（1.20%）を下回っている。
- 2022年の総損傷のばらつき幅（0.0~21.2%）は2021年（0.0~13.4%）を上回るが、2020年（0.0~18.3%）とほぼ同じである。
- 2022年、総損傷が3%以下のサンプルの割合（92.7%）は2021年（97.9%）を下回るが、2020年（91.0%）を上回っている。
- 総損傷平均値はガルフ ECA が 1.4%、米国北西部 ECA が 0.8%、南部鉄道網 ECA が 1.1% となっている。すべての ECA の総損傷平均値は米国（US）No.1 等級の限界値（3.0%）以上である。

総損傷 (%)

- 2022年サンプルの熱損傷の集計平均値は0.0%であり、これは2021年、2020年、5YA および10YA と同じである。試験した2022年の調査対象サンプルで0.0%を上回るものはなかった。
- 熱損傷がなかった理由の一つは、おそらく圃場からエレベーターに直接運ばれた新鮮なサンプルで、人工乾燥が最小限に抑えられていたためと考えられる。

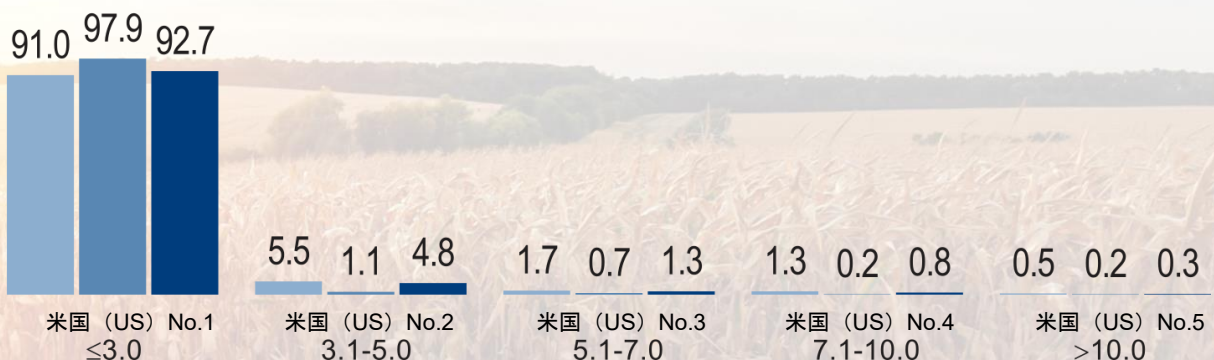
2022年輸出拠点地域別平均



総損傷 (%)

収穫年別サンプル割合

■ 2020 ■ 2021 ■ 2022



B. 水分含量

水分含量は公的な等級証明書に記載され、多くの場合、契約では最大水分含量が規定されます。ただし、水分含量は等級ファクターではないため、サンプルの等級付けに影響を及ぼすことはありません。水分含量は販売時の乾物量に影響を与えるため重視されます。水分含量は乾燥の必要性を示す指標でもあり、保管性を示します。収穫時の水分含量が多いと収穫作業中や乾燥時に穀粒が損傷を受ける可能性が高まり、必要とされる乾燥の程度がストレスクラックや破損にも影響を及ぼします。

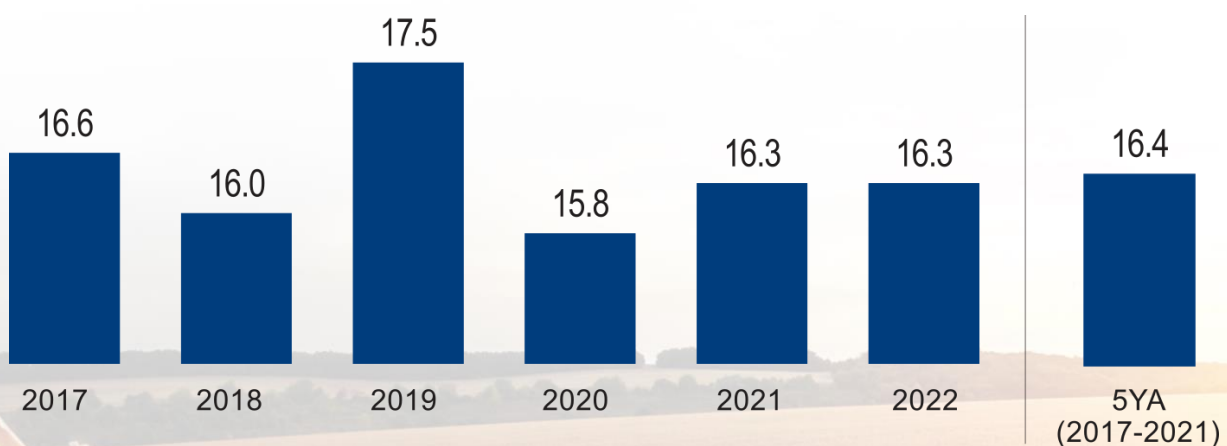
極端に水分が多く含まれるトウモロコシでは、後の保管や輸送の期間中にカビにより著しい損傷が発生しやすくなることがあります。生育期間中、トウモロコシの単収や穀粒の組成・成長は気候の影響を受ける一方、収穫時のトウモロコシの水分含量は主に作物の成熟度や収穫のタイミング、収穫時の気象条件の影響を受けます。水分と保管についての一般的なガイドラインでは、米国コーンベルト地帯の典型的な条件下において、良好な品質で損傷なくトウモロコシを通気のある場所で6~12か月間保管するには14.0%以下、1年を超える保管には13.0%以下の水分含量を推奨しています³。

結果⁴

- エレベーターにおいて記録された2022年の米国集計水分含量の平均値は16.3%で、2021年（16.3%）および10YA（16.3%）と同じ、5YA（16.4%）とほぼ同じで、2020年（15.8%）を上回っている。過去12年の米国集計水分含量の平均値の幅は、干ばつに見舞われた2012年の15.3%が最小値で、2019年の17.5%が最大値である。

水分含量 (%)

米国集計結果の概要

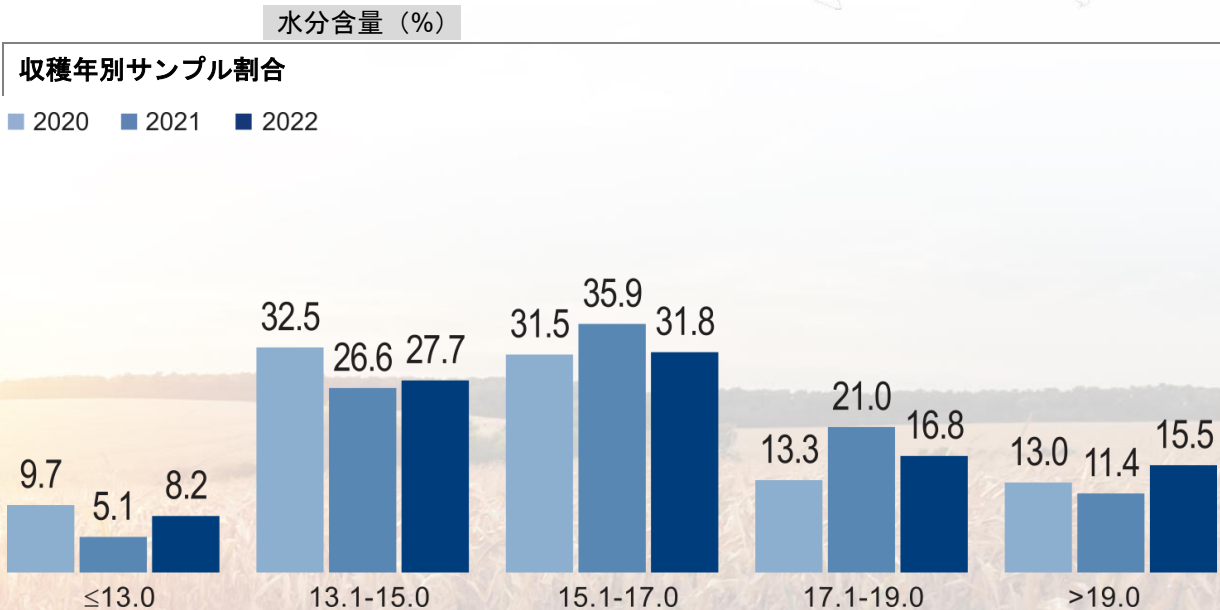
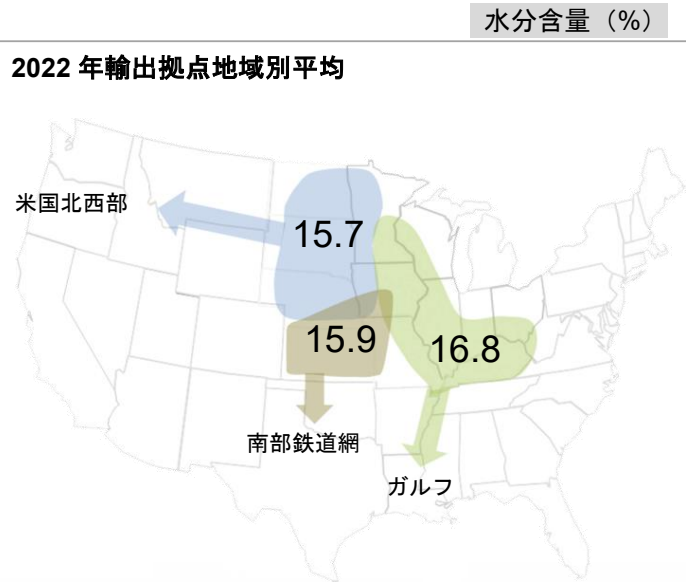


³ MWPS-13 (2017年)「穀物の乾燥、取扱いおよび保管についてのハンドブック」Midwest Plan Service No. 13。アイオワ州立大学 Ames, IA 50011

⁴ 本セクション中の柱状グラフ間の差は専ら四捨五入に起因する。

- 2022年米国集計水分含量の標準偏差（2.09%）は2021年（1.79%）、2020年（1.97%）、5YA（1.92%）および10YA（1.84%）を上回っている。
- 水分含量が17.0%を超える2022年サンプルの割合は32.3%で、これに対し2021年は32.4%、2020年は26.3%である。水分含量レベルを監視して十分低く維持し、カビが増殖する可能性を回避し貯蔵寿命が短くなることがないように注意する必要がある。
- 2022年の分布をみると、サンプルの中で水分含量が15.0%以下のものの割合は35.9%である。一般に、エレベーターでの値引きの基準値となるのが15.0%である。この水分含量は冬季低温時の短期保管には安全なレベルと考えられている。
- 水分含量が13.0%以下の2022年サンプルは8.2%で、これに対し2021年は5.1%である。13.0%以下の水分含量とは一般に長期間の保管および輸送にも安全なレベルと考えられている。

- 2022年のガルフ ECA、米国北西部 ECA および南部鉄道網 ECA の水分含量平均値は、それぞれ 16.8%、15.7%、15.9%である。2022年の前は、2021年、2020年、5YA および 10YA のいずれにおいても、南部鉄道網 ECA の水分含量平均値がすべての ECA 地域の中で最も低かった。



まとめ：等級ファクターと水分含量

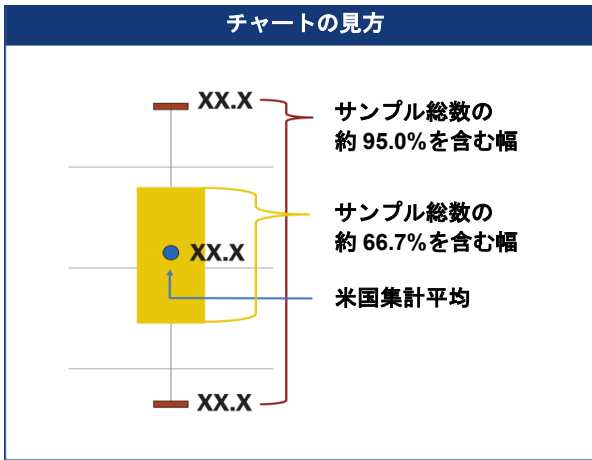
	2022収穫					2021収穫		2020収穫		5年平均 (2017~2021)		10年平均 (2012~2021)	
	サンプル 数 ¹	平均	標準 偏差	最小	最大	平均	標準 偏差	平均	標準 偏差	平均	標準 偏差	平均	標準 偏差
米国集計						米国集計		米国集計		米国集計		米国集計	
容積重 (lb/bu)	600	58.5	1.30	52.3	63.1	58.3*	1.18	58.7*	1.22	58.2*	1.24	58.2*	1.26
容積重 (kg/hl)	600	75.3	1.67	67.3	81.2	75.1*	1.51	75.5*	1.57	74.9*	1.60	74.9*	1.62
BCFM (%)	600	0.9	0.59	0.0	7.0	0.7*	0.46	0.8*	0.49	0.8*	0.54	0.8*	0.54
破損粒 (%)	600	0.7	0.44	0.0	6.6	0.6*	0.33	0.6*	0.34	0.6*	0.37	0.6*	0.38
異物 (%)	600	0.2	0.23	0.0	3.0	0.2*	0.18	0.2	0.22	0.2	0.24	0.2*	0.22
総損傷 (%)	600	1.2	1.08	0.0	21.2	0.7*	0.59	1.1	1.06	1.5*	1.28	1.5*	1.20
熱損傷 (%)	600	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0*	0.00	0.0*	0.00	0.0*	0.00
水分含量 (%)	588	16.3	2.09	10.0	26.5	16.3	1.79	15.8*	1.97	16.4	1.92	16.3	1.84
ガルフ						ガルフ		ガルフ		ガルフ		ガルフ	
容積重 (lb/bu)	541	58.5	1.38	52.3	63.1	58.3*	1.25	58.8*	1.25	58.4	1.22	58.3*	1.25
容積重 (kg/hl)	541	75.3	1.78	67.3	81.2	75.0*	1.61	75.7*	1.61	75.2	1.57	75.1*	1.61
BCFM (%)	541	0.9	0.60	0.0	7.0	0.7*	0.45	0.8*	0.53	0.8*	0.54	0.8*	0.54
破損粒 (%)	541	0.7	0.46	0.0	6.6	0.6*	0.32	0.6*	0.36	0.6*	0.36	0.6*	0.38
異物 (%)	541	0.2	0.22	0.0	2.4	0.2*	0.17	0.2	0.25	0.2	0.24	0.2	0.22
総損傷 (%)	541	1.4	1.24	0.0	21.2	0.8*	0.66	1.5	1.42	1.7*	1.46	1.7*	1.39
熱損傷 (%)	541	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0*	0.00	0.0*	0.00	0.0*	0.00
水分含量 (%)	541	16.8	2.22	10.0	26.5	16.8	1.90	16.6	2.16	16.8	2.00	16.6	1.91
米国北西部						米国北西部		米国北西部		米国北西部		米国北西部	
容積重 (lb/bu)	299	58.1	1.14	54.6	63.1	58.1	1.05	58.3	1.19	57.4*	1.34	57.5*	1.30
容積重 (kg/hl)	269	74.8	1.47	70.3	81.2	74.8	1.35	75.0	1.53	73.9*	1.72	74.0*	1.67
BCFM (%)	299	0.9	0.57	0.1	7.0	0.8*	0.51	0.8*	0.44	0.9	0.59	0.9	0.60
破損粒 (%)	299	0.7	0.39	0.0	6.6	0.6	0.36	0.6	0.32	0.7	0.41	0.7	0.42
異物 (%)	299	0.3	0.26	0.0	3.0	0.2*	0.20	0.2*	0.19	0.2*	0.24	0.2*	0.24
総損傷 (%)	299	0.8	0.87	0.0	21.2	0.4*	0.34	0.5*	0.64	1.0*	1.06	0.8	0.80
熱損傷 (%)	299	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0*	0.00	0.0*	0.00	0.0*	0.00
水分含量 (%)	299	15.7	1.81	10.0	22.7	15.7	1.57	14.9*	1.74	16.2*	1.96	15.9	1.81
南部鉄道網						南部鉄道網		南部鉄道網		南部鉄道網		南部鉄道網	
容積重 (lb/bu)	359	58.9	1.27	53.5	63.1	58.7	1.12	58.9	1.18	58.8	1.17	58.6*	1.22
容積重 (kg/hl)	359	75.8	1.64	68.9	81.2	75.6	1.45	75.8	1.51	75.6	1.51	75.4*	1.57
BCFM (%)	359	0.9	0.59	0.0	7.0	0.7*	0.42	0.8*	0.44	0.8*	0.46	0.8*	0.48
破損粒 (%)	359	0.7	0.44	0.0	6.6	0.6*	0.29	0.6*	0.32	0.6*	0.33	0.6*	0.34
異物 (%)	359	0.2	0.24	0.0	3.0	0.2*	0.19	0.2	0.20	0.2	0.20	0.2*	0.20
総損傷 (%)	359	1.1	0.93	0.0	21.2	0.8*	0.72	0.9*	0.68	1.4*	0.98	1.4*	1.00
熱損傷 (%)	359	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0*	0.00	0.0*	0.00	0.0*	0.00
水分含量 (%)	359	15.9	2.13	10.0	26.5	15.5*	1.74	14.8*	1.77	15.5*	1.55	15.6*	1.57

*は有意水準 95.0% で実施した両側 t 検定に基づき、平均値が 2022 年との間で有意な差を示していることを意味する。

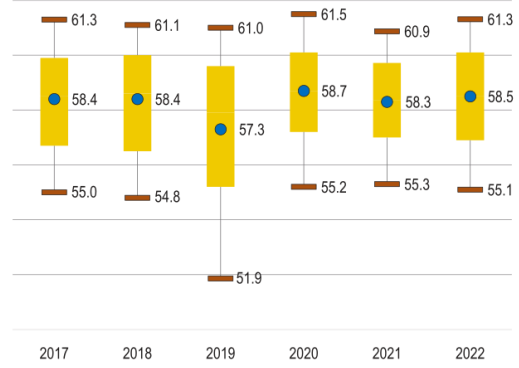
¹ ECA の結果は複合統計であるため、3ECA のサンプル数の合計は米国集計を超える。

² 収穫時母集団の平均値を予測するための相対許容誤差は ±10.0% を超える。

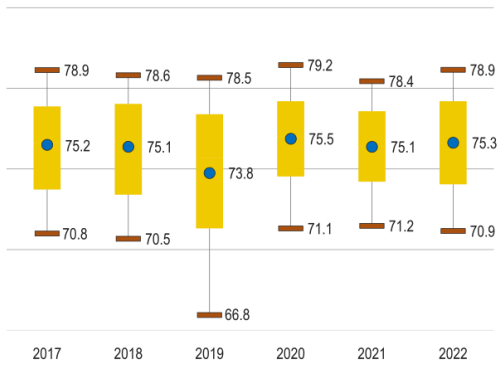
等級ファクター
6年集計比較



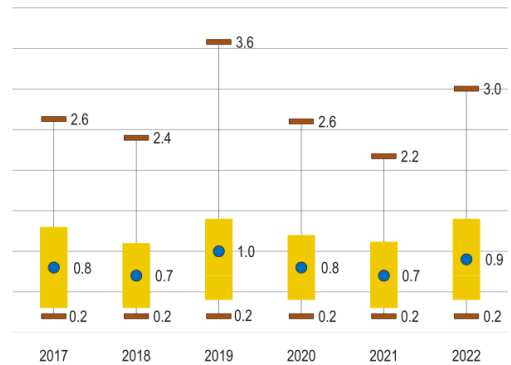
容積重 (lb/bu)



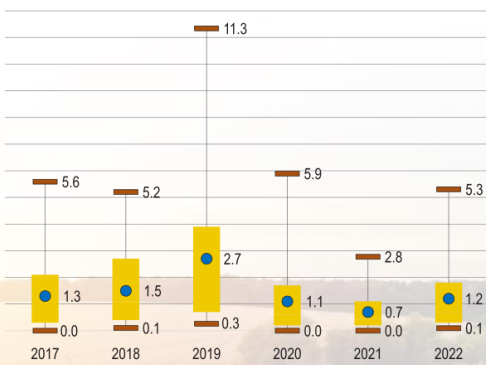
容積重 (kg/hl)



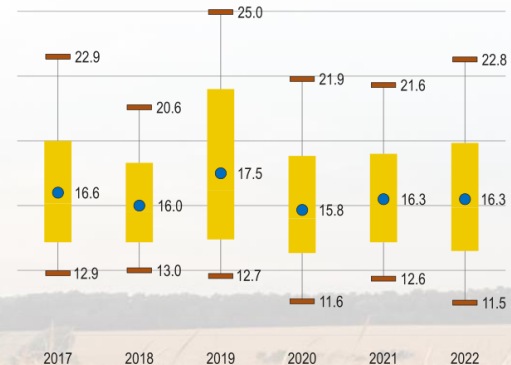
BCFM (%)



総損傷 (%)



水分含量 (%)

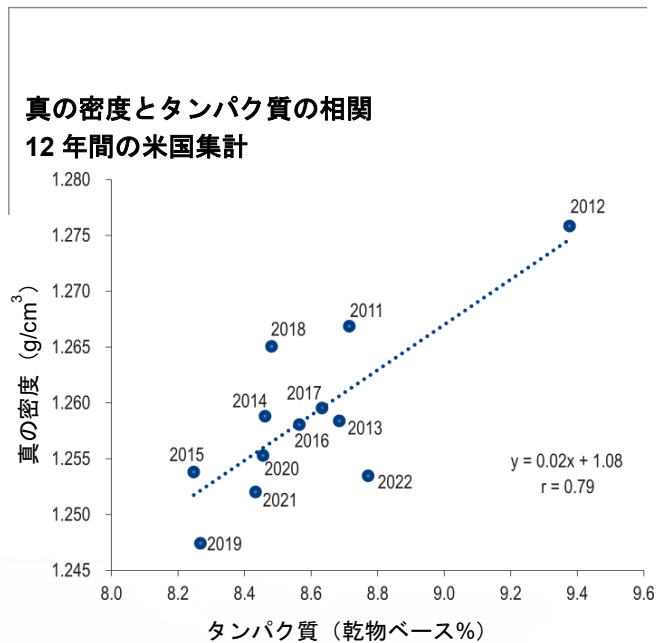


C. 化学組成

トウモロコシの化学組成は主としてタンパク質やデンプン、油分から構成されています。こうした化学組成は等級ファクターではありませんが、エンドユーザーは非常に強い関心を持っています。化学組成の値は、家畜・家禽類の飼料の栄養価値や、ウェットミリング等トウモロコシを加工するための追加的な情報となるものです。多くの物理特性とは異なり、化学組成の値は保管中または輸送中に大幅に変化するとは考えられません。

概要：化学組成

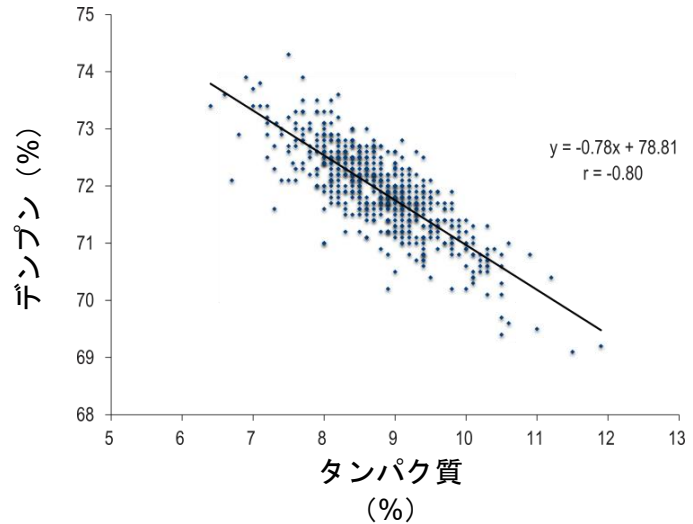
- 2022年の米国集計タンパク質含量平均値（乾物ベース 8.8%）は2021年（8.4%）、2020年、5YA（いずれも 8.5%）および10YA（8.6%）を上回っている。ガルフ ECA は、2022年、2021年、2020年、5YA および10YA のいずれでもタンパク質含量が3ECAの中で最も低い。
- 右図に示すように、過去12年の米国集計平均値を基準として、タンパク質含量が増加すると、真の密度も上昇している（結果として相関係数は 0.79）。一般に、真の密度が低い年はタンパク質含量が低下し、真の密度が高い年はタンパク質含量が上昇する。
- 2022年の米国集計デンプン含量平均値（乾物ベース 71.9%）は2021年、2020年（いずれも 72.2%）、5YA（72.3%）および10YA（72.8%）を下回っている。



概要：化学組成

- 2022年、2021年、2020年および5YAのいずれでも、ガルフECAのデンプン含量平均値はすべてのECAの中で最も高く、タンパク質含量平均値は最も低い。
- デンプンとタンパク質はトウモロコシの二大栄養成分であるため、通常一方の割合が上昇すると他方が低下する。この関係を示したものが右の図で、デンプンとタンパク質との間に負の相関関係（ $r = -0.80$ ）があることがわかる。

デンプンとタンパク質の相関、2022年米国集計



- 2022年の米国集計油分含量平均値（乾物ベース 3.9%）は2021年（3.8%）を上回るが、2020年および10YA（いずれも 3.9%）と同じで、5YA（4.0%）を下回っている。
- 2022年のガルフECA、米国北西部ECAおよび南部鉄道網ECAの油分含量平均値はいずれも 3.9%である。2022年、2021年、2020年、5YAおよび10YAの油分含量平均値のばらつきは、すべてのECAで一貫して 0.1%以内である。

タンパク質

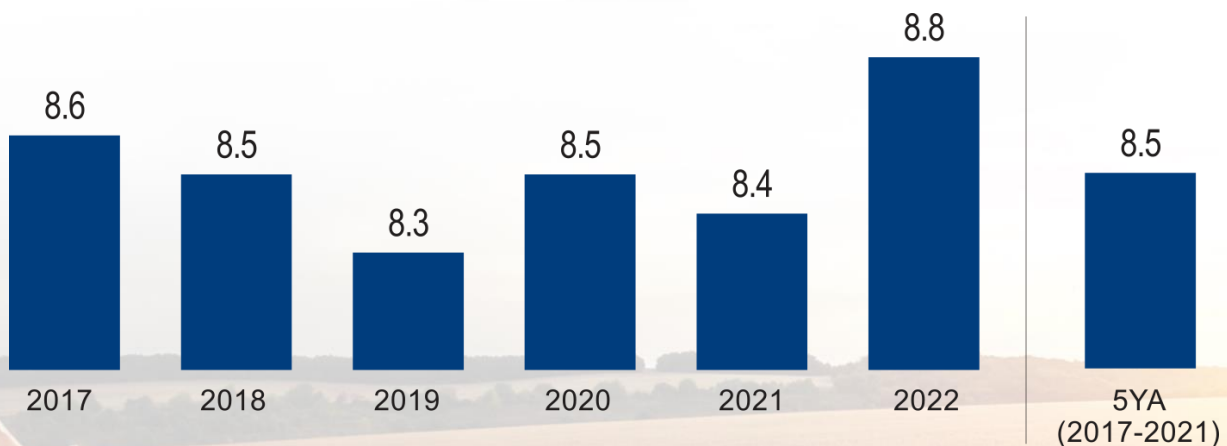
タンパク質は必須含硫アミノ酸を供給し、飼料要求効率を改善するという点で、家禽類および家畜用の飼料にとって非常に重要です。タンパク質は土壌中の可給態窒素が減ったときや収量の高い年には含量が低下する傾向があります。タンパク質の含量は、通常、デンプンの含量と負の相関関係にあります。報告結果は乾物ベースの値です。

結果

- 2022年の米国集計タンパク質含量平均値（8.8%）は2021年（8.4%）、2020年および5YA（いずれも8.5%）ならびに10YA（8.6%）を上回っている。
- 2022年の米国集計タンパク質の標準偏差平均値（0.53%）は2021年（0.53%）と同じで、2020年（0.58%）、5YA（0.54%）および10YA（0.56%）とほぼ同じである。
- 2022年のタンパク質含量のばらつき幅（6.4～11.9%）は2021年（6.4～11.8%）および2020年（6.1～10.7%）の幅とほぼ同じである。
- 2022年のタンパク質含量の分布では、8.0%未満のものが11.0%、8.0～8.9%のものが49.3%、9.0%以上のものが39.6%を占めている。2022年のタンパク質含量分布は、2021年または2020年よりもタンパク質含量の多いサンプル数が多いことを示している。

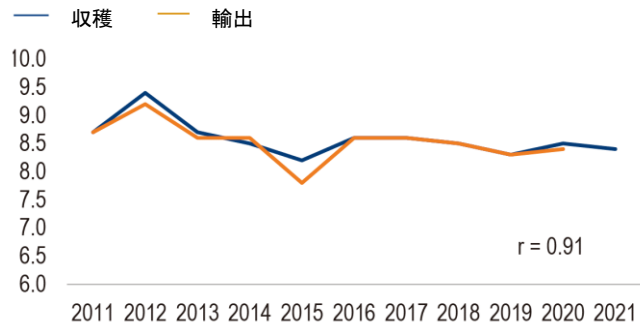
タンパク質（乾物ベース%）

米国集計結果の概要

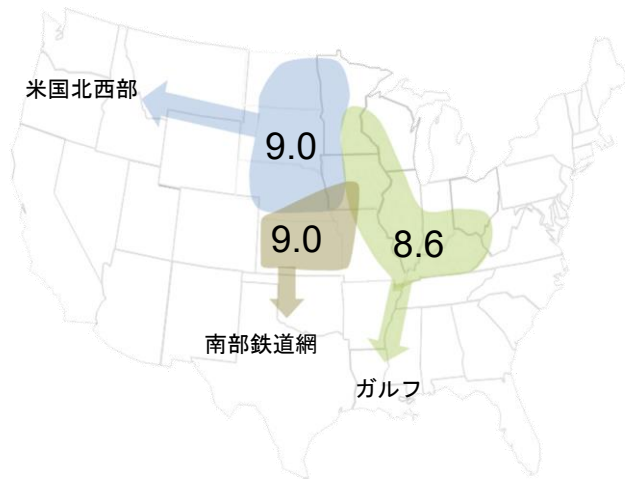


- 収穫から輸出までの追加的な取扱い、ブレンドおよび保管は化学組成の平均値にほとんど影響を及ぼしていない。各年の「収穫時報告書」と「輸出貨物報告書」では、ほぼ同じ化学組成が見られる。右の折れ線グラフは、2011年から2022年までの報告書に記載される米国集計タンパク質含量を示している。高い相関係数 ($r = 0.88$) はこの一致性を示している。
- ガルフ ECA、米国北西部 ECA および南部鉄道網 ECA のタンパク質含量平均値はそれぞれ 8.6%、9.0%および 9.0%である。2022年、2021年、2020年、5YA および 10YA のいずれにおいてもガルフ ECA のタンパク質含量の値が最も低い。

タンパク質 (乾物ベース%)
年別米国集計結果比較



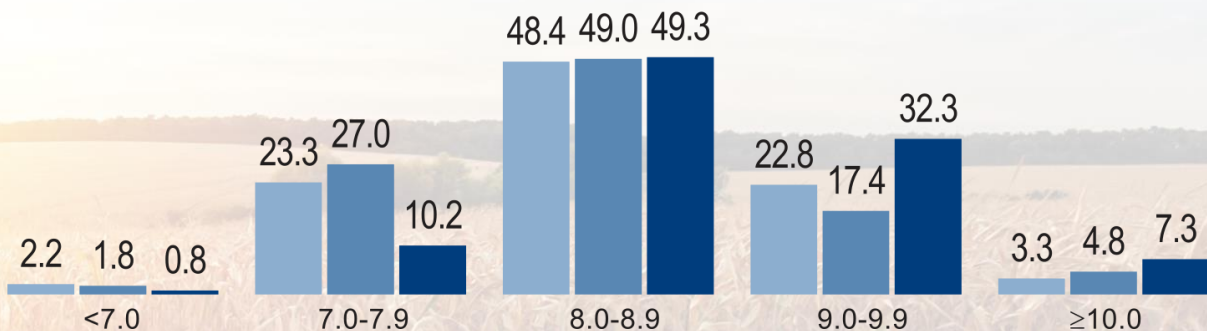
タンパク質 (乾物ベース%)
2022年輸出拠点地域別平均



タンパク質 (乾物ベース%)

収穫年別サンプル割合

■ 2020 ■ 2021 ■ 2022



デンプン

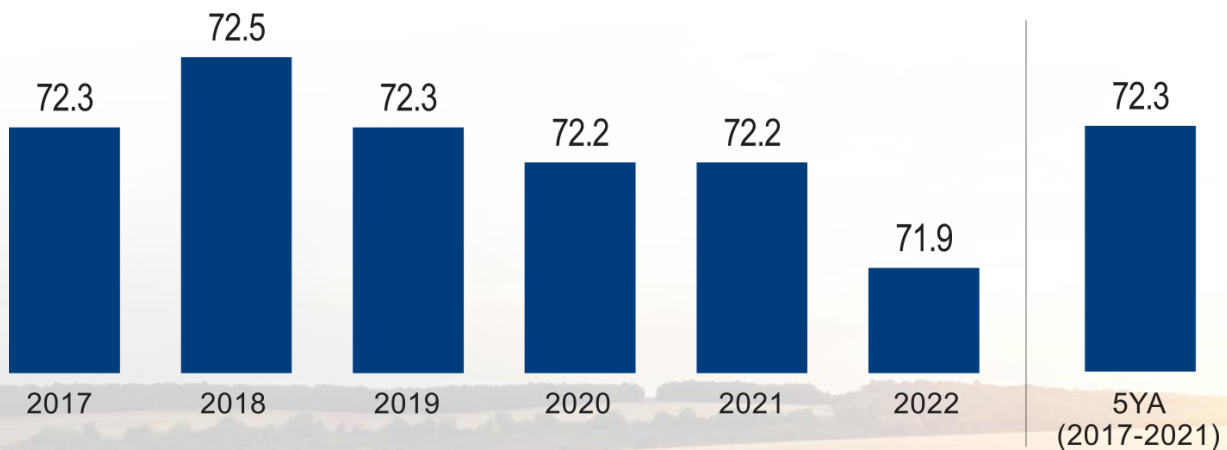
デンプンはウェットミリング業者や乾式粉碎エタノール製造業者が用いるトウモロコシには重要なファクターです。デンプン含量の高さは、多くの場合、穀粒の生育・登熟状態が良好であり、穀粒密度も適度であることを示唆します。通常、デンプン含量はタンパク質含量と負の相関関係にあります。報告結果は乾物ベースの値です。

結果

- 2022年の米国集計デンプン含量の平均値（乾物ベース 71.9%）は2021年および2020年（いずれも72.2%）、5YA（72.3%）および10YA（72.8%）を下回っている。
- 2022年の米国集計デンプン標準偏差値（0.59%）は2021年（0.54%）、2020年（0.61%）、5YA（0.60%）および10YA（0.61%）とほぼ同じである。
- 2022年のデンプン含量のばらつき幅（69.1~74.3%）は2021年（68.8~74.0%）および2020年（69.7~74.5%）とほぼ同じある。
- 2022年のデンプン含量の分布では、72.0%未満のサンプルが50.7%、72.0~72.9%のものが42.5%を占め、73.0%以上のものはわずか6.9%しか占めていない。この分布は、2022年は高デンプンのサンプル数が2021年または2020年より少ないことを示している。

デンプン（乾物ベース%）

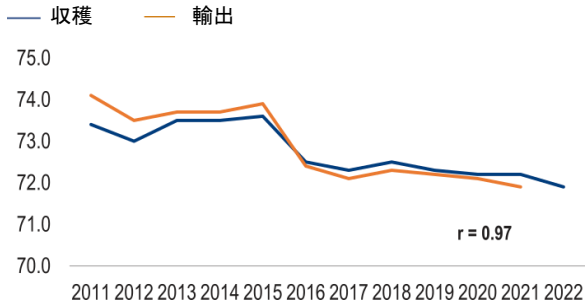
米国集計結果の概要



- 収穫から輸出までの追加的な取扱い、ブレンドおよび保管は化学組成の平均値にほとんど影響を及ぼしていない。各年の「収穫時報告書」と「輸出貨物報告書」では、ほぼ同じ化学組成が見られる。右の折れ線グラフは、これらの報告書のそれぞれに見られる米国集計デンプン含量を示している。高い相関係数 ($r = 0.97$) はこの一致性を示している。
- ガルフ ECA、米国北西部 ECA および南部鉄道網 ECA のデンプン含量平均値はそれぞれ 72.1%、71.7% および 71.8% である。2022 年、2021 年、2020 年、5YA および 10YA のいずれでも、ガルフ ECA のデンプン含量平均値は最も高い。ガルフ ECA はまた 2022 年、2021 年、2020 年、5YA、10YA のいずれでも、タンパク質含量は最も低い。

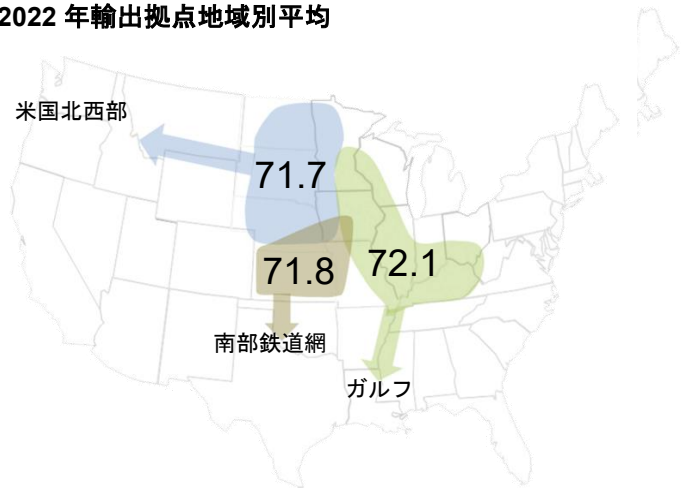
デンプン (乾物ベース%)

年別米国集計結果比較



デンプン (乾物ベース%)

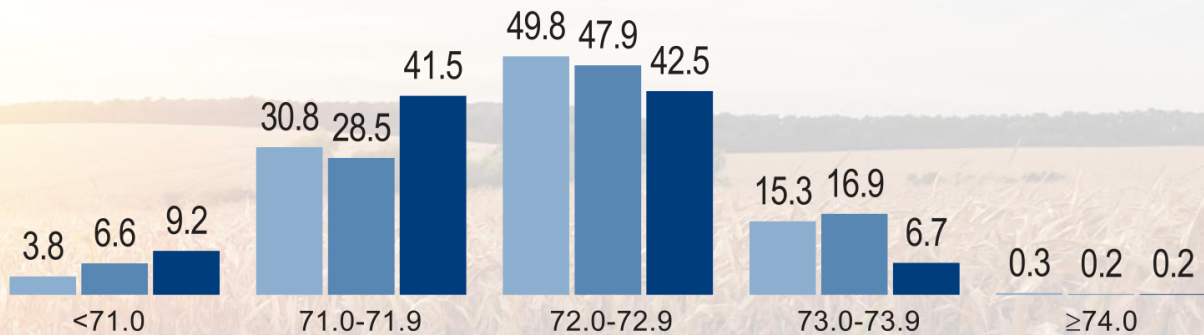
2022 年輸出拠点地域別平均



デンプン (乾物ベース%)

収穫年別サンプル割合

■ 2020 ■ 2021 ■ 2022



油分

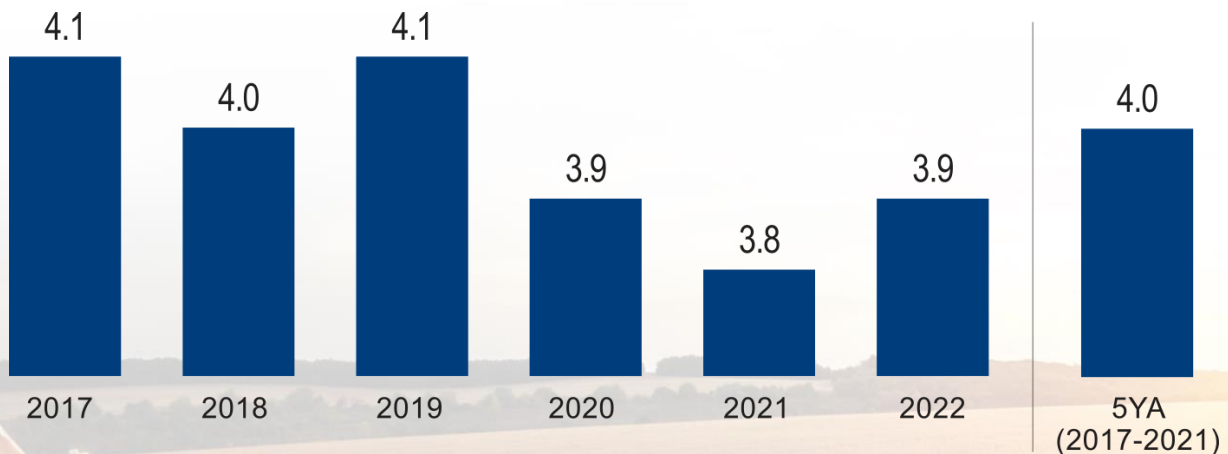
油分は家禽類および家畜用の飼料にとって必須の成分です。油分はエネルギー源であり、脂溶性ビタミンを利用可能にし、特定の必須脂肪酸をもたらします。油分はトウモロコシのウェットミリングおよびドライミリング工程の重要な併産物でもあります。報告結果は乾物ベースの値です。

結果

- 2022年の米国集計油分含量の平均値（3.9%）は2021年（3.8%）を上回るが、2020年（3.9%）および10YA（3.9%）と同じで、5YA（4.0%）を下回っている。
- 2022年の米国集計油分含量サンプルの標準偏差（0.24%）は2021年（0.23%）、2020年および5YA（いずれも0.22%）ならびに10YA（0.26%）とほぼ同じである。
- 2022年の油分含量のばらつき幅（3.0~4.8%）は2021年（3.0~4.5%）および2020年（3.2~4.8%）とほぼ同じである。
- 2022年の油分含量の分布では、3.7%未満のサンプルが15.5%、3.7~4.2%のものが75.1%、4.3%以上のものが9.3%を占めている。2022年の分布は、油分含量が4.0%以上のサンプル数が2021年または2020年を上回っていることを示している。

油分（乾物ベース%）

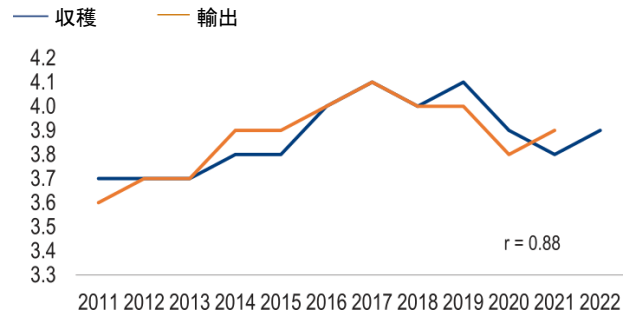
米国集計結果の概要



- 収穫から輸出までの追加的な取扱い、ブレンドおよび保管は化学組成の平均値にほとんど影響を及ぼしていない。各年の「収穫時報告書」と「輸出貨物報告書」では、ほぼ同じ化学組成が確認される。右の折れ線グラフは、これらの報告書のそれぞれで確認される米国集計油分含量を示している。高い相関係数 ($r = 0.88$) はこの一致性を示している。
- ガルフ ECA、米国北西部 ECA および南部鉄道網 ECA の油分含量平均値はいずれも 3.9% である。2022 年、2021 年、2020 年、5YA および 10YA のいずれにおいても、ECA 間の油分含量平均値のばらつきは 0.1% 以下である

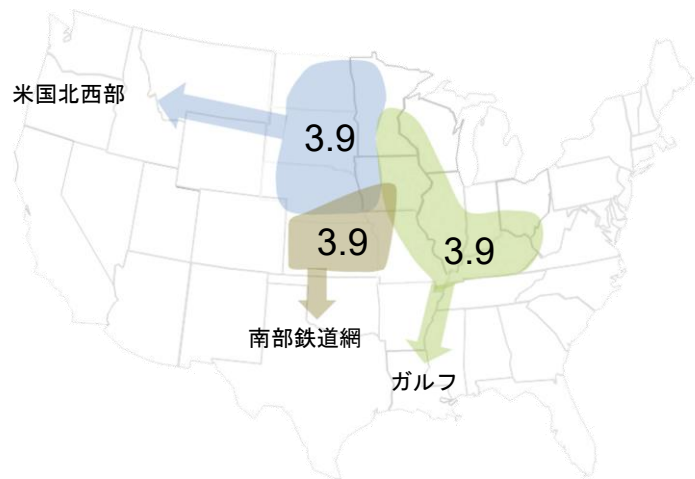
油分 (乾物ベース%)

年別米国集計結果比較



油分 (乾物ベース%)

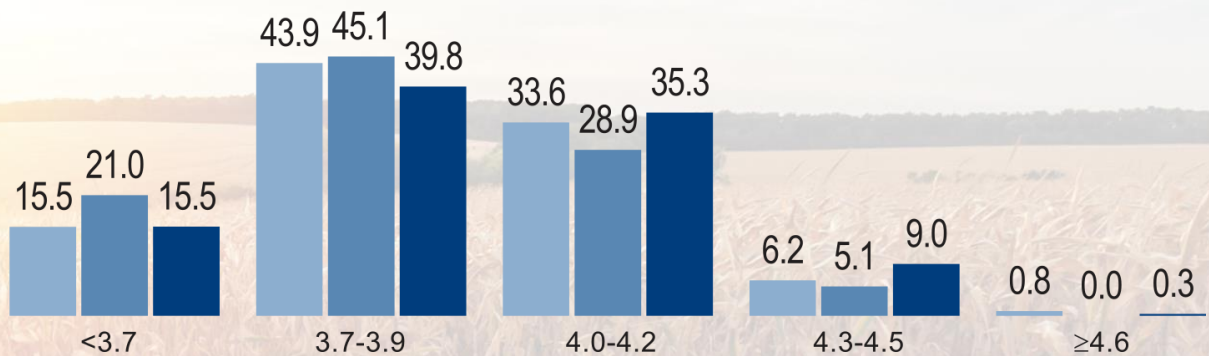
2022 年輸出拠点地域別平均



油分 (乾物ベース%)

収穫年別サンプル割合

■ 2020 ■ 2021 ■ 2022



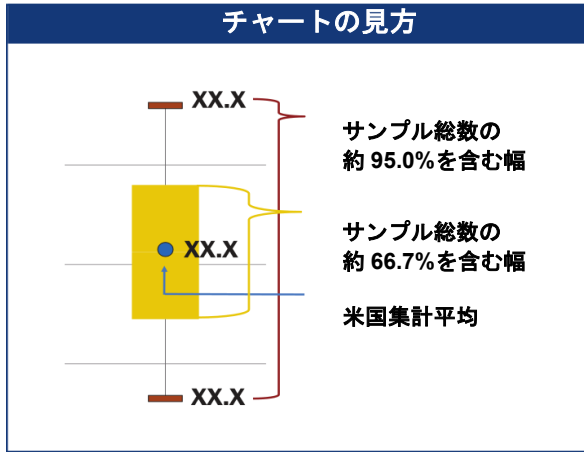
まとめ：化学的ファクター

	2022収穫					2021収穫		2020収穫		5年平均 (2017~2021)		10年平均 (2012~2021)	
	サンプル 数 ¹	平均	標準 偏差	最小	最大	平均	標準 偏差	平均	標準 偏差	平均	標準 偏差	平均	標準 偏差
米国集計						米国集計		米国集計		米国集計		米国集計	
タンパク質 (乾物ベース%)	600	8.8	0.53	6.4	11.9	8.4*	0.53	8.5*	0.58	8.5*	0.54	8.6*	0.56
デンプン (乾物ベース%)	600	71.9	0.59	69.1	74.3	72.2*	0.54	72.2*	0.61	72.3*	0.60	72.8*	0.61
油分 (乾物ベース%)	600	3.9	0.24	3.0	4.8	3.8*	0.23	3.9	0.22	4.0*	0.22	3.9	0.26
ガルフ						ガルフ		ガルフ		ガルフ		ガルフ	
タンパク質 (乾物ベース%)	541	8.6	0.50	6.4	11.2	8.2*	0.52	8.4*	0.56	8.3*	0.53	8.4*	0.55
デンプン (乾物ベース%)	541	72.1	0.59	69.5	74.3	72.4*	0.53	72.3*	0.60	72.4*	0.59	72.9*	0.61
油分 (乾物ベース%)	541	3.9	0.25	3.0	4.8	3.8*	0.24	3.9	0.23	4.0*	0.23	3.9	0.27
米国北西部						米国北西部		米国北西部		米国北西部		米国北西部	
タンパク質 (乾物ベース%)	299	9.0	0.55	6.4	11.2	8.9	0.53	8.5*	0.63	8.6*	0.58	8.8*	0.59
デンプン (乾物ベース%)	299	71.7	0.57	69.4	73.7	71.7	0.53	72.2*	0.65	72.1*	0.61	72.6*	0.61
油分 (乾物ベース%)	299	3.9	0.21	3.0	4.8	3.9*	0.21	3.9*	0.21	4.0*	0.21	3.9*	0.25
南部鉄道網						南部鉄道網		南部鉄道網		南部鉄道網		南部鉄道網	
タンパク質 (乾物ベース%)	359	9.0	0.55	6.4	11.9	8.5*	0.53	8.7*	0.54	8.7*	0.54	8.8*	0.57
デンプン (乾物ベース%)	359	71.8	0.61	69.1	74.3	72.2*	0.57	72.1*	0.58	72.2*	0.59	72.6*	0.61
油分 (乾物ベース%)	359	3.9	0.24	3.0	4.8	3.9	0.22	3.9	0.21	4.0*	0.21	3.9	0.25

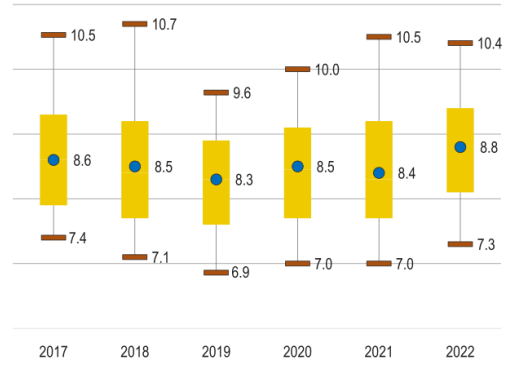
*は有意水準 95.0%で実施した両側t検定に基づき、平均値が2022年との間で有意な差を示していることを意味する。

¹ ECAの結果は複合統計であるため、3ECAのサンプル数の合計は米国集計を超える。

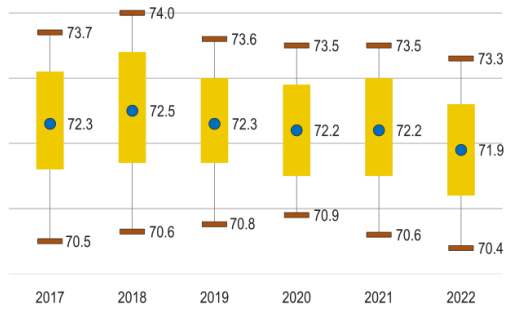
化学組成
6年集計比較



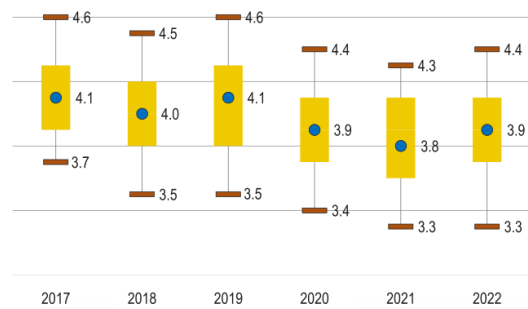
タンパク質（乾物ベース%）



デンプン（乾物ベース%）



油分（乾物ベース%）

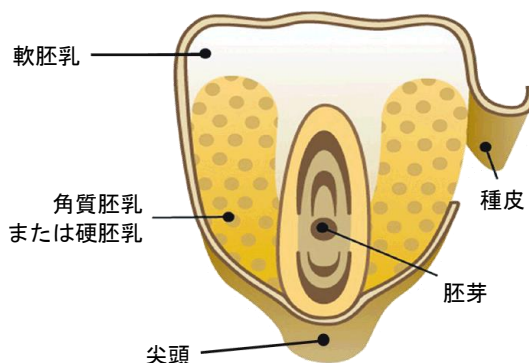


D. 物理的ファクター

物理的ファクターは等級ファクターや化学組成以外の品質特性です。物理的ファクターにはストレスクラック、穀粒重量、穀粒容積、真の密度および完全粒の割合や硬胚乳の割合が含まれます。こうした物理的ファクターの試験を実施することで、保管性や取扱い中の破損の可能性だけでなく、トウモロコシを様々な用途で使用する際の加工特性に関する追加情報を得ることができます。こうした品質特性はトウモロコシ穀粒の物理的組成の影響を受けますが、物理組成自体は遺伝形質、生育・取扱い条件の影響を受けません。

トウモロコシの穀粒は胚芽、尖頭、種皮または外皮、胚乳という4つの部分から構成されています。胚乳は穀粒の約82%を占めています。右図に示すように、胚乳は軟胚乳（粉状または不透明胚乳とも呼ばれる）と硬胚乳（角質胚乳またはガラス質胚乳とも呼ばれる）に分かれています。胚乳には主にデンプンとタンパク質が、胚芽には油分と多少のタンパク質が含まれており、種皮および尖頭の大半は繊維です。

トウモロコシ穀粒



出典：Corn Refiners Association, 2011

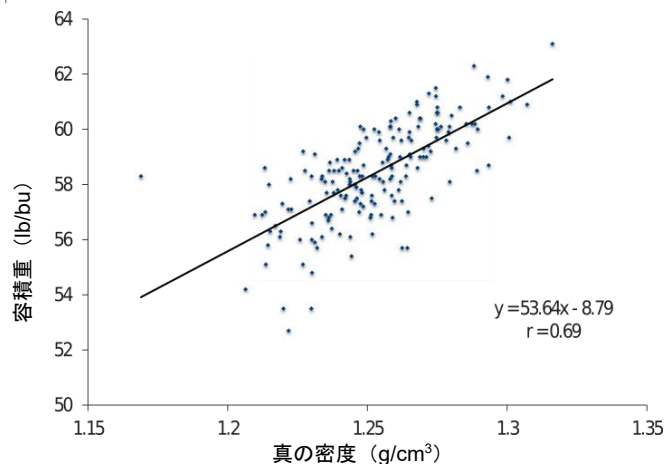
概要：物理的ファクター

- 2022年の米国集計ストレスクラックの平均値（6.9%）は2021年（5.1%）、2020年（5.8%）、5YA（5.9%）および10YA（5.8%）を上回っている。これは、2022年の損傷しやすさが2021年および2020年を上回ることを示唆している。
- ガルフ ECA、米国北西部 ECA および南部鉄道網 ECA のストレスクラック平均値はそれぞれ7.8%、5.8%および5.5%である。2022年、2021年、5YA および 10YA のいずれでも、南部鉄道網 ECA のストレスクラック平均値がすべての ECA の中で最も低い。
- 2022年の米国集計の百粒重平均値は33.94 gで、2021年（34.98 g）、2020年（34.53 g）、5YA（35.05 g）および10YA（34.49 g）を下回り、2022年は非常に小型の穀粒となったことを示している。
- 2022年の米国集計穀粒容積平均値は0.27 cm³であり、5YA（0.28 cm³）を下回り、2020年および10YA（いずれも0.27 cm³）と同じである。2021年の穀粒容積平均値（0.28 cm³）は2022年と統計上の差異はない。2022年、2021年、2020年、5YA、10YA のいずれにおいても、米国北西部 ECA の百粒重平均値と穀粒容積平均値はすべての ECA の中で最も低い。

概要：物理的ファクター

- 2022年の米国集計の真の穀粒密度の平均値は 1.253 g/cm^3 で 2021年 (1.252 g/cm^3)、2020年 (1.255 g/cm^3) および 5YA (1.256 g/cm^3) とほぼ同じであり、10YA (1.260 g/cm^3) を下回っている。3ECAのうち、米国北西部は 2022年、2021年、2020年、5YA および 10YA のいずれにおいても真の密度および容積重が最も低い。
- かさ密度としても知られている容積重は 1クォート入るカップに詰め込むことのできる質量を基にしている。右図に示すように、容積重は真の密度の影響を受ける ($r = 0.69$)。容積重は、水分含量、種皮の損傷（完全粒）、破損、その他のファクターの影響も受ける。
- 2022年の米国集計完全粒の平均値は 91.0% で 2021年 (92.3%)、2020年 (92.5%)、5YA (91.7%) および 10YA (93.0%) を下回っている。
- 2021年 (76.2%) および 2020年 (79.9%) に対し、2022年のサンプルのうち完全粒が 90.0%以上のサンプルは 67.3%のみである。この分布は 2022年の完全粒の割合が下回ることを示し、これは 2022年の BCFM および ストレスクラックの割合が過去 2年を上回ることと一致している。
- 2022年米国集計硬胚乳率平均値 (88%) は 2021年、2020年、5YA (いずれも 81%) および 10YA (82%) を上回っている。

容積重と真の密度の相関
2022年米国集計



ストレスクラック

ストレスクラックはトウモロコシ粒の硬胚乳内部の亀裂を意味します。通常、ストレスクラックのある穀粒の種皮（外皮）には損傷が見られず、ストレスクラックが存在していたとしても、一見するだけでは穀粒になんら問題はないように見えることがあります。

ストレスクラックの原因は穀粒の硬胚乳内の水分含量や温度の変化から生じる圧力の蓄積です。これは、ぬるい飲み物に氷を入れたときに氷の内部に発生する亀裂に例えることができます。トウモロコシ粒ごとにストレスクラックの程度が異なることがあり、ストレスクラックが1本だけの場合も、2本またはそれ以上の場合もあります。最も一般的なストレスクラックの原因は高温乾燥による急激な水分の除去です。ストレスクラックの程度が激しいと、次のような様々な用途に影響を及ぼします。

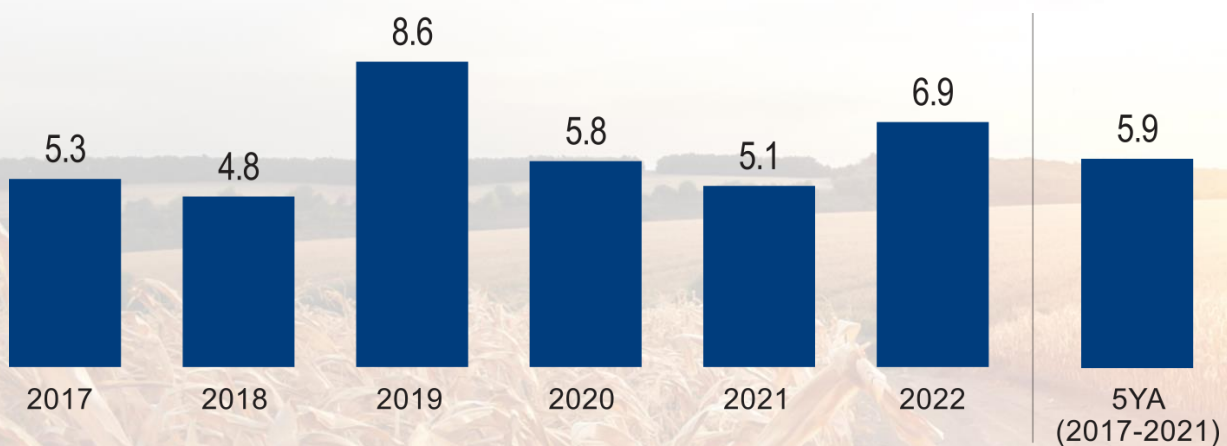
全般：取扱い中に破損しやすさが増し、洗浄処理中に除去しなければならない破損粒が増える。

ウェットミリング：デンプンとタンパク質とを分離させることが困難になるため、デンプン収率が低下する。ストレスクラックによって浸漬要件も変わってくることもある。

ドライミリング：大型フレーキンググリッツの収量が低下する。

アルカリ処理：不均一な水分吸収により過剰または不十分な加熱処理となり、これが処理のバランスに影響を及ぼす。

生育条件は作物の成熟度や収穫時期、人工乾燥の必要性に影響を及ぼし、これらの要素はすべてストレスクラックの程度に影響を与えます。例えば、降雨による作付の遅れや低温により成熟期や収穫期が遅れた場合には、人工的に乾燥させる必要性が高まることもあり、そのためにストレスクラックの発生も増える傾向にあります。

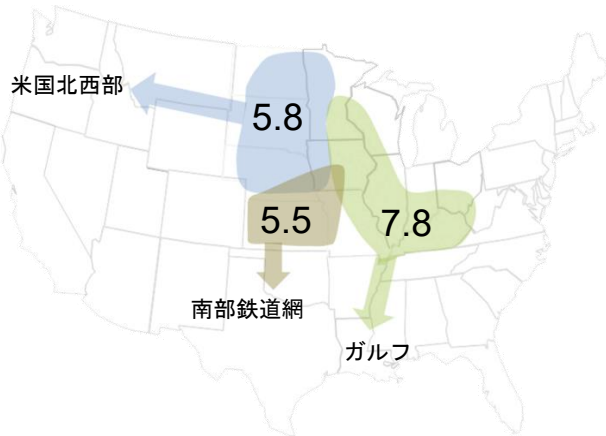
ストレスクラック (%)
米国集計結果の概要


結果

- 2022年の米国集計のストレスクラック率の平均値は6.9%で、2021年(5.1%)、2020年(5.8%)、5YA(5.9%)および10YA(5.8%)を上回っている。
- 2022年の米国集計ストレスクラック率の標準偏差(5.2%)は2021年(6.0%)、5YA(6.5%)および10YA(6.7%)を下回り、2020年(5.1%)とほぼ同じである。
- 2022年のストレスクラック率5.0%未満のサンプルの割合(42.7%)は2021年(73.0%)および2020年(58.7%)を下回っている。ストレスクラック率の分布は、2022年のトウモロコシの破損しやすさが2021年および2020年を上回ることを示唆している。
- ガルフ ECA、米国北西部 ECA および南部鉄道網 ECA の米国集計ストレスクラック率の平均値は、それぞれ7.8%、5.8%および5.5%である。2022年、2021年、5YA および10YA のいずれにおいても、すべてのECAの中で南部鉄道網 ECA のストレスクラック率が最も低い。
- 2022年は、トウモロコシの作付が遅れたが、生育期の暖かい天候のおかげで5YAとほぼ同じペースで成熟した。成熟後の乾燥した条件により、生産者はほぼ遅れることなく収穫することができたが、それによって圃場で十分乾燥することができたトウモロコシの割合が限られた可能性がある。おそらくこのため水分含量平均値は5YAとほぼ同じとなり、良好な乾燥条件であったにもかかわらずストレスクラックが5YAを上回ることとなったと考えられる。

ストレスクラック (%)

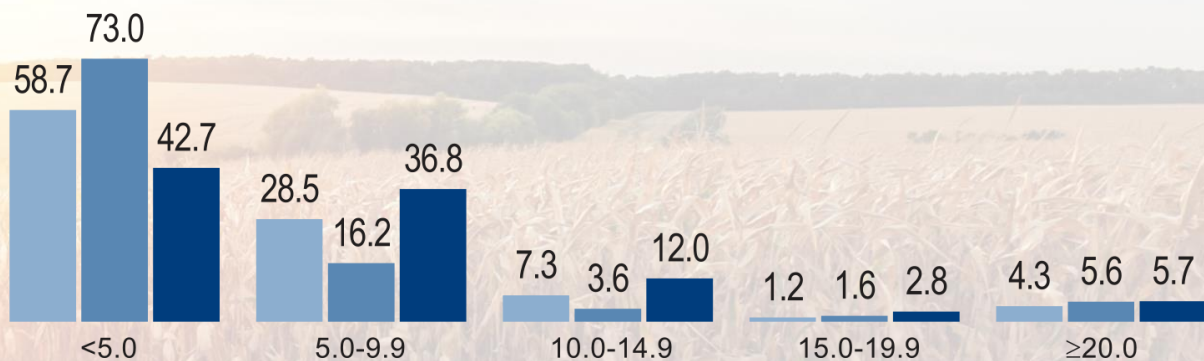
2022年輸出拠点地域別平均



ストレスクラック (%)

収穫年別サンプル割合

■ 2020 ■ 2021 ■ 2022



百粒重

百粒（100-k）の重量（グラム表示）をみると、百粒重の値が増加するに従って穀粒のサイズが大きくなるのがわかります。穀粒の大きさは乾燥速度に影響を及ぼします。穀粒のサイズが大きくなると表面積に対する体積の比率が高くなり、この比率が高くなると乾燥速度が遅くなります。さらに、多くの場合、大きく均一なサイズの穀粒はドライミリングでのフレーキンググリッツ収量を高めます。硬胚乳の量が多いトウモロコシのスペシャルティ品種では穀粒の重量は高くなる傾向があります。

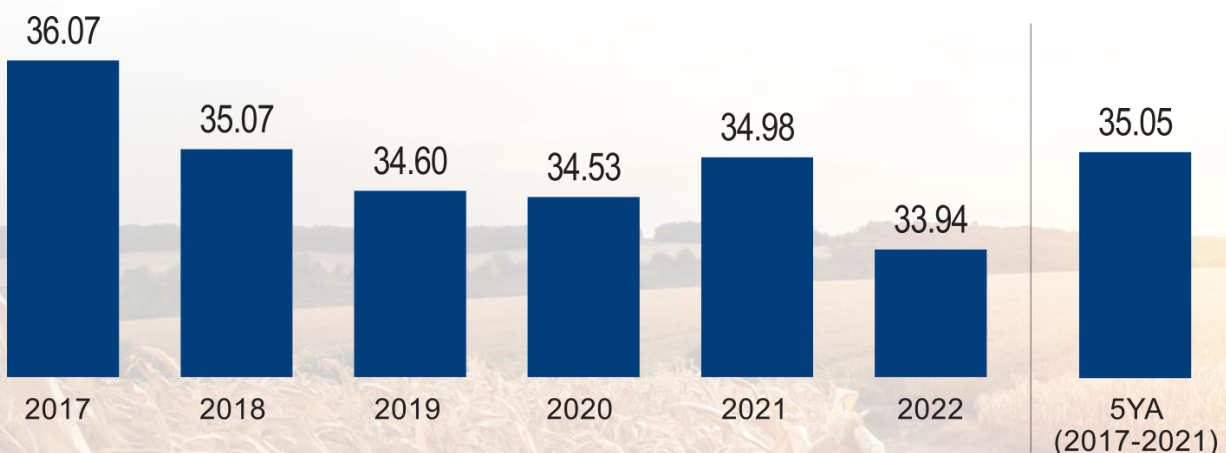
百粒重は、1群百粒の2反復群を対象とし、0.1 mg 単位の値まで測定する化学天秤を用いて平均重量を求めます。

「2020/2021 年収穫時報告書」から、マイコトキシン試験用のサンプルに限定して百粒重試験が実施されることになりました。このプロトコルにより、今回の「収穫時報告書」では百粒重試験を実施するサンプル数が 180 に減りましたが、この品質ファクターの相対許容誤差は目標精度レベルである 10.0%以下をはるかに下回ったままになると予想されました。この調査に用いたサンプリング基準の詳細は「調査および統計分析の方法」のセクションに記載されています。

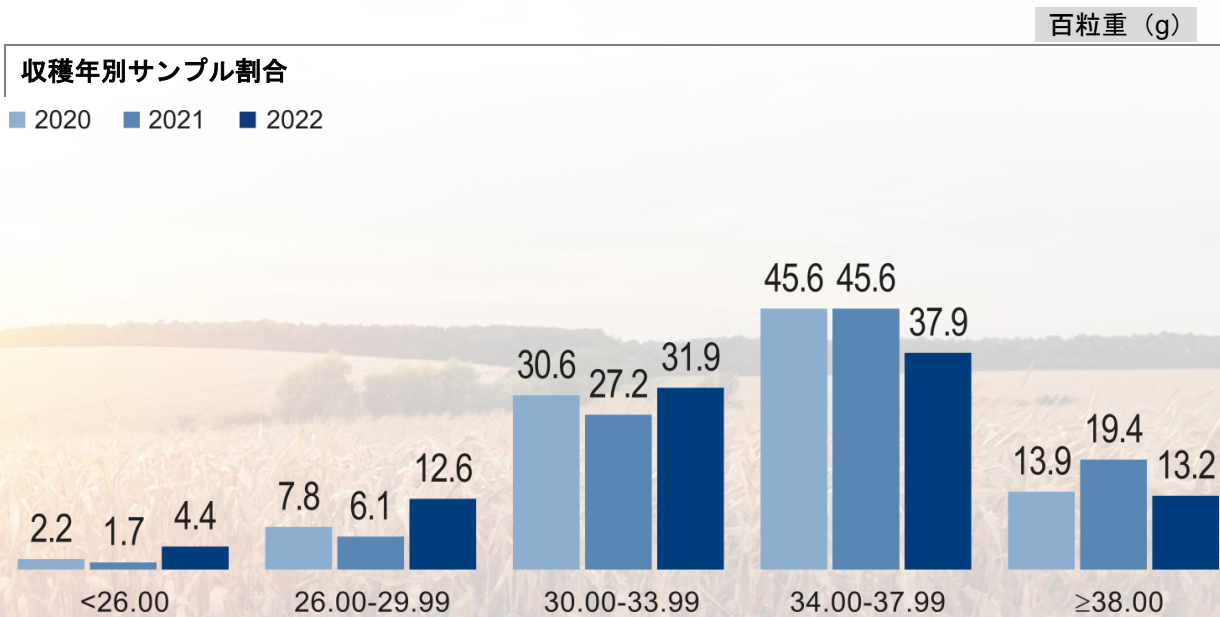
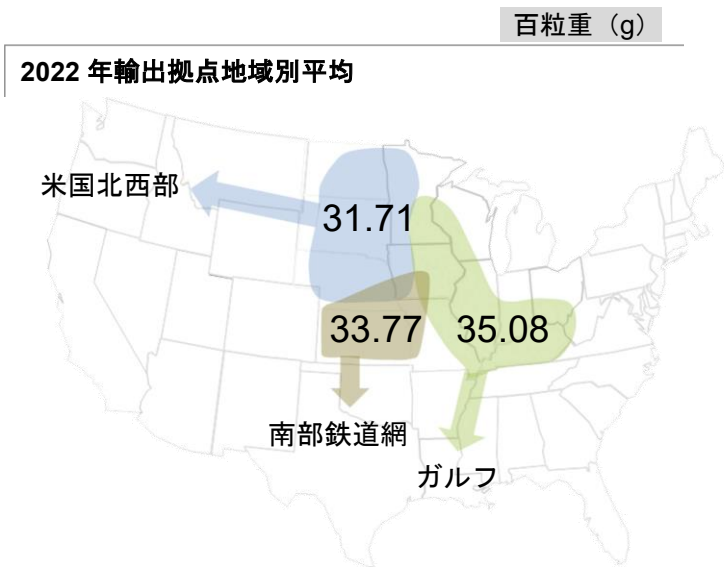
結果

- 2022 年米国集計百粒重平均値は 33.94 g であり、これは 2021 年（34.98g）、2020 年（34.53 g）、5YA（35.05 g）および 10YA（34.49 g）を下回っている。過去の年と比較すると 2022 年は非常に小さい穀粒であることが示唆される。
- 2022 年米国集計百粒重のばらつき（標準偏差 4.13 g）は 2021 年（3.5g）、2020 年（3.64 g）、5YA（3.00g）および 10YA（2.83 g）を上回っている。

百粒重 (g)

米国集計結果の概要


- 2022年の百粒重のばらつきの幅（22.05～43.32g）は2021年（23.52～43.87g）、2020年（22.32～43.18g）とほぼ同じである。
- 2022年の百粒重の分布をみると、百粒重が34.0g以上のものがサンプルの51.1%にとどまり、これに対し2021年は65.0%、2020年は59.5%である。この分布は、2022年のサイズの大きな穀粒の割合が2021年を大きく下回っていることを示している。
- 米国北西部 ECA の百粒重平均値が最も低く（31.71g）、これに対しガルフ ECA は35.08g、南部鉄道網 ECA は33.77g である。2022年、2021年、2020年、5YA および 10YA のいずれにおいても、米国北西部 ECA の百粒重が最も軽い。



穀粒容積

穀粒容積はヘリウム比重瓶を用いて計算し、立方センチメートル (cm³) 単位で表示します。穀粒容積は、多くの場合生育条件の指標となります。乾燥した条件下では穀粒の体積は平均値を下回ることがあります。シーズン後半で干ばつに見舞われると登熟度が低下する可能性があります。小さい粒あるいは丸い粒では胚芽を取り除くことが困難になります。加えて、粒が小さいと加工業者の洗浄損が増加し、繊維収率が高まる可能性があります。

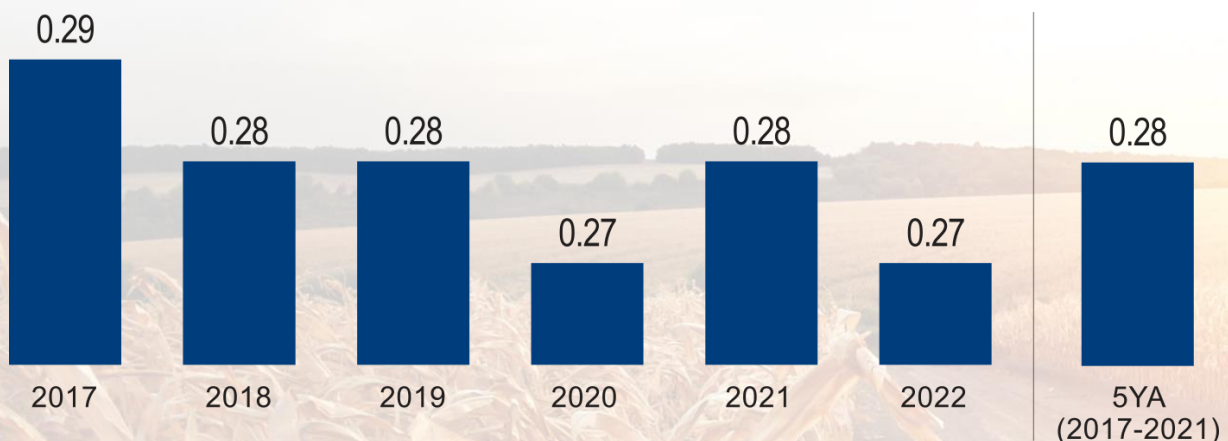
「2020/2021 年収穫時報告書」から、マイコトキシン試験用のサンプルに限定して穀粒容積試験が実施されることになりました。このプロトコルにより、「2022/2023 年収穫時報告書」で穀粒容積試験を実施するサンプル数が 180 に減りましたが、この品質ファクターの相対許容誤差は目標精度レベルである 10.0%以下をはるかに下回ったままになると予想されました。この調査に用いたサンプリング基準の詳細は「調査および統計分析の方法」のセクションに記載されています。

結果

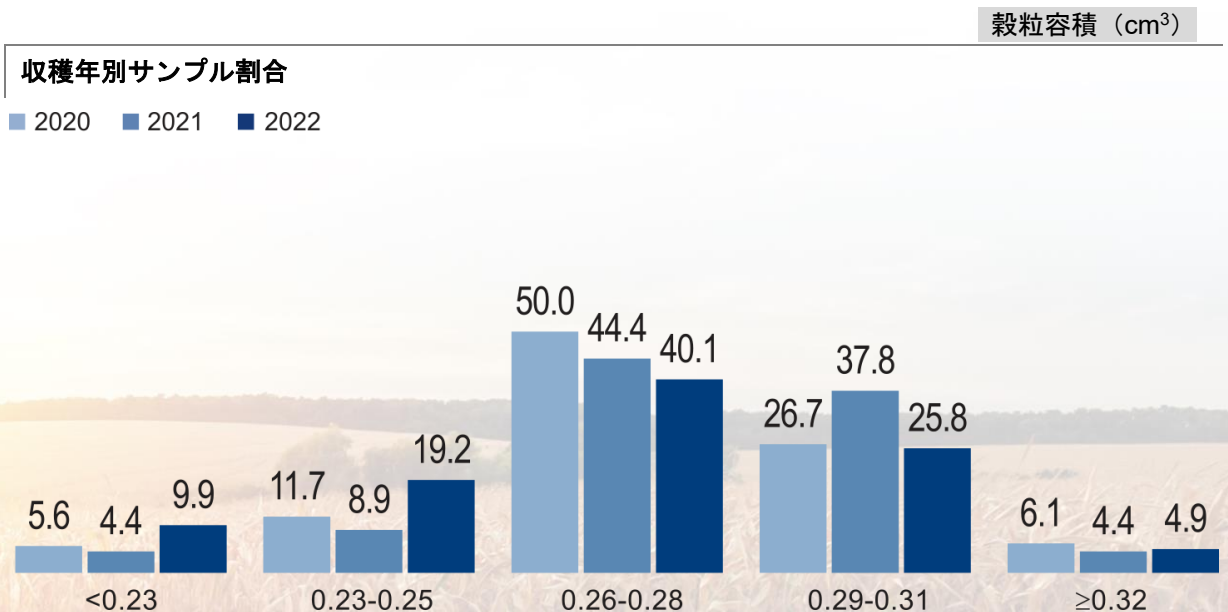
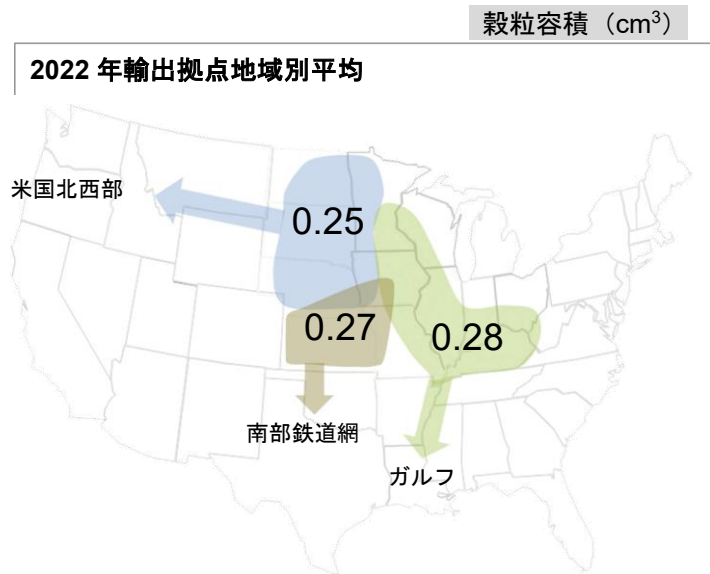
- 2022 年の米国集計穀粒容積の平均値は 0.27 cm³ で、5YA (0.28 cm³) を下回るが、2020 年および 10YA と同じである。2021 年 (0.28 cm³) の穀粒容積平均値は 2022 年と統計的な差異はない。
- 2022 年、米国集計穀粒容積の標準偏差は 0.03 cm³ で、2021 年および 2020 年と同じだが、5YA および 10YA (いずれも 0.02 cm³) を上回る。

穀粒容積 (cm³)

米国集計結果の概要



- 2022年の穀粒容積のばらつき幅 (0.18~0.33 cm³) は2021年 (0.19~0.35 cm³) および2020年 (0.19~0.33 cm³) とほぼ同じである。
- 2021年 (42.2%)、2020年 (32.8%) に対し、2022年の穀粒容積の分布では、0.29 cm³ 以上のものがサンプルの30.7%にとどまった。この分布は2022年の大きな穀粒の割合が2021年および2020年の割合を下回することを示している。
- ガルフ ECA、米国北西部 ECA および南部鉄道網 ECA の穀粒容積の平均値はそれぞれ、0.28、0.25 および 0.27 cm³ である。2022年、2021年、2020年、5YA および 10YA のいずれにおいても、米国北西部 ECA の穀粒容積平均値が3ECAの中で最も低い。



真の穀粒密度

真の穀粒密度は百粒のサンプルの重量を同じ百粒の容積、すなわち押し分け容積で除して求め、1立方センチメートル当たりのグラム数 (g/cm³) 単位で報告します。真の密度は穀粒の硬度を相対的に示す指標で、アルカリ処理やドライミリングを行う業者にとって有用です。真の密度は、ハイブリッド品種のトウモロコシの遺伝形質および生育期間の環境の影響を受けることがあります。一般に、密度の高いトウモロコシは密度の低いトウモロコシよりも取扱い中に破損が発生しにくいものの、高温乾燥が用いられるとストレスクラックを発生させるリスクが上昇します。真の密度が 1.30 g/cm³ を超えると、通常ドライミリングやアルカリ処理に適した非常に硬質なトウモロコシであることが示唆されます。真の密度が 1.275 g/cm³ 程度、あるいはそれを下回る場合には、トウモロコシは柔らかくなり、ウェットミリングや飼料原材料用の加工が容易になります。

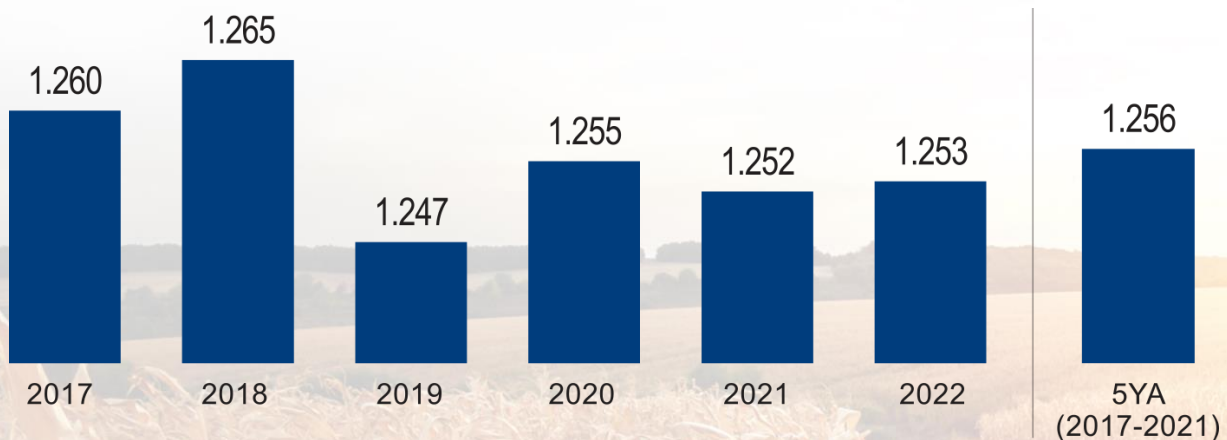
「2020/2021 年収穫時報告書」から、マイコトキシン試験用のサンプルに限定して、真の密度を計算するのに必要な 2 つの分析試験である百粒重および穀粒容積試験が実施されることになりました。このプロトコルにより、「2022/2023 年収穫時報告書」では真の密度の結果を調べるサンプル数が 180 に減りましたが、この品質ファクターの相対許容誤差は目標精度レベルである 10.0% 以下をはるかに下回ったままになると予想されました。この調査に用いたサンプリング基準の詳細は「調査および統計分析の方法」のセクションに記載されています。

結果

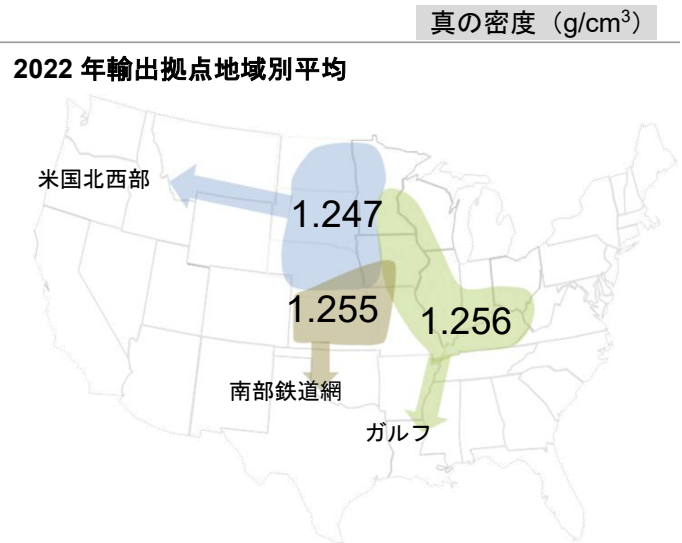
- 2022 年の米国集計真の穀粒密度の平均値 (1.253 g/cm³) は、2021 年 (1.252 g/cm³)、2020 年 (1.255 g/cm³) および 5YA (1.256 g/cm³) とほぼ同じであるが、10YA (1.260 g/cm³) は下回っている。過去 12 年にわたり、真の密度はタンパク質含量が多いほど上昇する傾向にある (相関係数は 0.79)。

真の密度 (g/cm³)

米国集計結果の概要

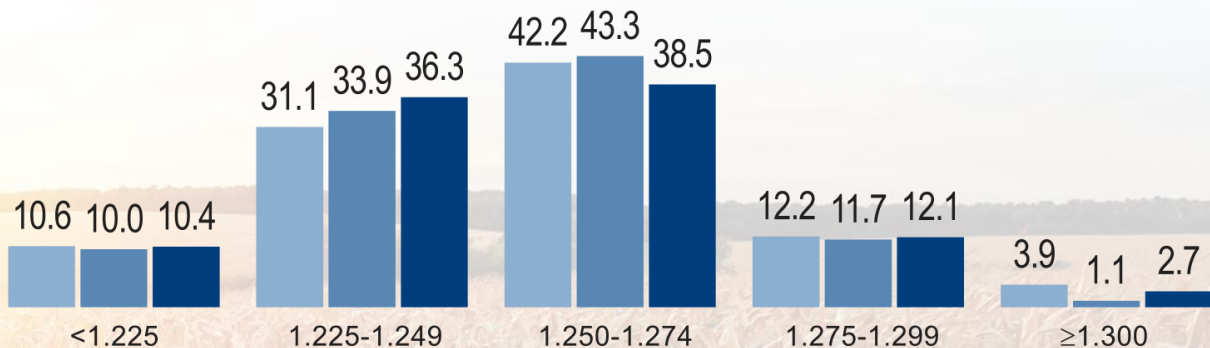


- 2022年の標準偏差に基づく真の密度のばらつきの幅 (0.022 g/cm³) は2021年 (0.021 g/cm³)、2020年 (0.023 g/cm³)、5YA (0.020 g/cm³)、および10YA (0.019 g/cm³) とほぼ同じである。
- 2022年の真の密度のばらつきは、1.169~1.316 g/cm³で、これに対し、2021年は1.196~1.305 g/cm³、および2020年は1.171~1.312 g/cm³である。
- 2022年のサンプル中、真の密度が1.275 g/cm³以上のものは14.8%で、これに対し2021年は12.8%、2020年は16.1%である。多くの場合、1.275 g/cm³を上回る値は硬いトウモロコシ、1.275 g/cm³を下回るものは柔らかいトウモロコシであることを示すと考えられるため、この穀粒分布は2022年サンプルの硬度が過去2年とほぼ同じであることを示している。
- ガルフ ECA、米国北西部 ECA および南部鉄道網 ECA の真の穀粒密度の平均値はそれぞれ 1.256、1.247 および 1.255 g/cm³ である。2022年、2021年、2020年、5YA および 10YA のいずれにおいても、米国北西部 ECA の真の密度および容積重の平均値は他の ECA 地域の数値を下回っている。



収穫年別サンプル割合

■ 2020 ■ 2021 ■ 2022

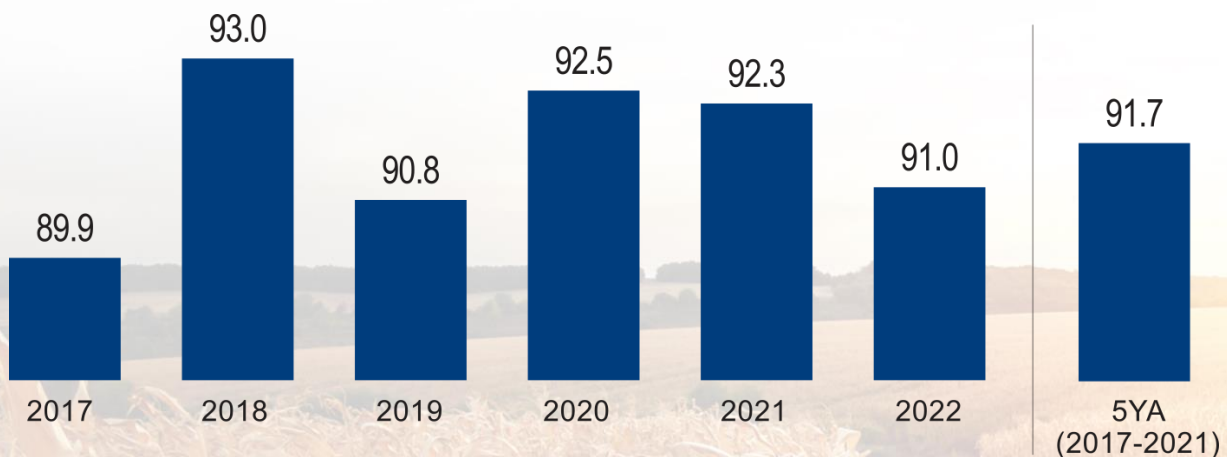


完全粒

その名称から、完全粒と BCFM との間に何らかの負の相関関係があるかのように思われますが、完全粒試験は BCFM 試験による破損粒の割合とは異なる情報を提供するものです。破損粒は物質のサイズだけで決まります。完全粒というのはその名が示すように、サンプルに含まれる完全無傷で、種皮に損傷がなく、欠損のない穀粒のことで、値はパーセントで示されます。

主として2つの理由からトウモロコシ粒の外観の完全性は非常に重要です。第一はアルカリ処理および浸漬工程での吸水状態に影響を及ぼすという理由です。穀粒に欠けまたは種皮に亀裂があると、水は無傷の穀粒すなわち完全粒よりも早く染み込んでいきます。加熱中に水分が過剰に内部に取り込まれると、可溶性画分の損失、不均一な加熱、高額な費用のかかる運転停止といった事態や、仕様から逸脱した製品といった結果を招きかねません。契約によって、納入されたトウモロコシが指定した完全粒レベルを上回った場合プレミアムを支払う企業さえあります。

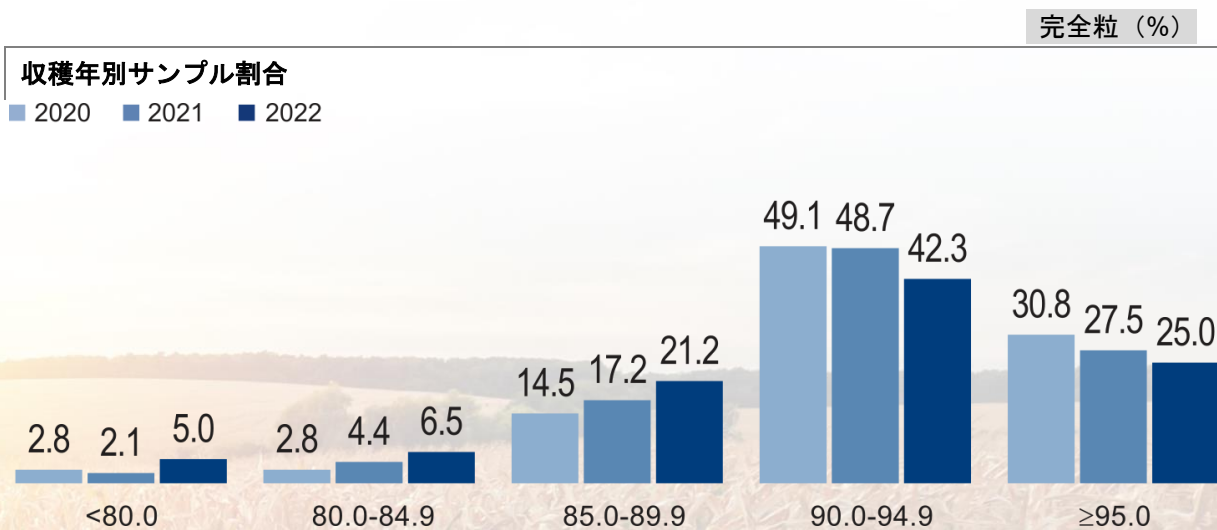
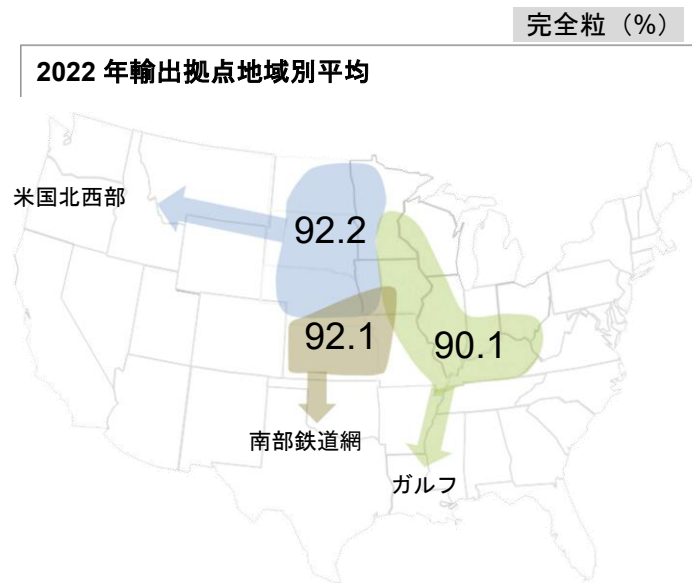
第二に、穀粒が無傷で完全であると保管中にカビが発生しにくく、取扱い中の破損も少なくなります。軟質トウモロコシよりも硬胚乳の方が完全粒の維持に適していますが、完全粒を提供するために最も重要なファクターは収穫・取扱いです。このファクターはコンバインの適切な調整に始まり、次に圃場からエンドユーザーに届けられるまでに必要なコンベヤーや取扱い作業の回数によって穀粒が受ける衝撃の程度です。その後の取扱いのひとつひとつがさらなる損傷につながります。水分含量が低下し、落下高さか、穀粒が衝撃を受けるときの速度が増すに従って、実際の損傷の量は飛躍的に増加することになります⁵。さらに、通常は水分含量の高い状態（例えば25%超）で収穫すると、低い状態で収穫する場合よりも種皮が柔らかくなり、トウモロコシの種皮損傷が起こりやすくなります。

完全粒 (%)
米国集計結果の概要


⁵ Foster, G. H. および L. E. Holman (1973 年) 「Grain Breakage Caused by Commercial Handling Methods」 USDA. ARS Marketing Research Report Number 968

結果

- 2022年の米国集計完全粒平均値は91.0%で2021年（92.3%）、2020年（92.5%）、5YA（91.7%）および10YA（93.0%）を下回っている。
- 2022年の完全粒の標準偏差（4.6%）は2021年（3.7%）、2020年（3.9%）、5YA（3.9%）および10YA（3.5%）とほぼ同じである。
- 2022年の完全粒のばらつき幅（65.2~100.0%）は、2021年（72.0~99.4%）を上回るが、2020年（35.8~99.6%）を下回る。
- 完全粒が90.0%以上のサンプルは、2021年（76.2%）および2020年（79.9%）に対し、2022年はわずか67.3%である。この分布は2022年のサンプルの完全粒の割合が過去2年を下回っていることを示している。完全粒のこの低い割合は、2022年のストレスクラックとBCFMが過去2年を上回っていることと一致している。
- ガルフ ECA、米国北西部 ECA および南部鉄道網 ECA の完全粒平均値はそれぞれ 90.1%、92.2%および 92.1%である

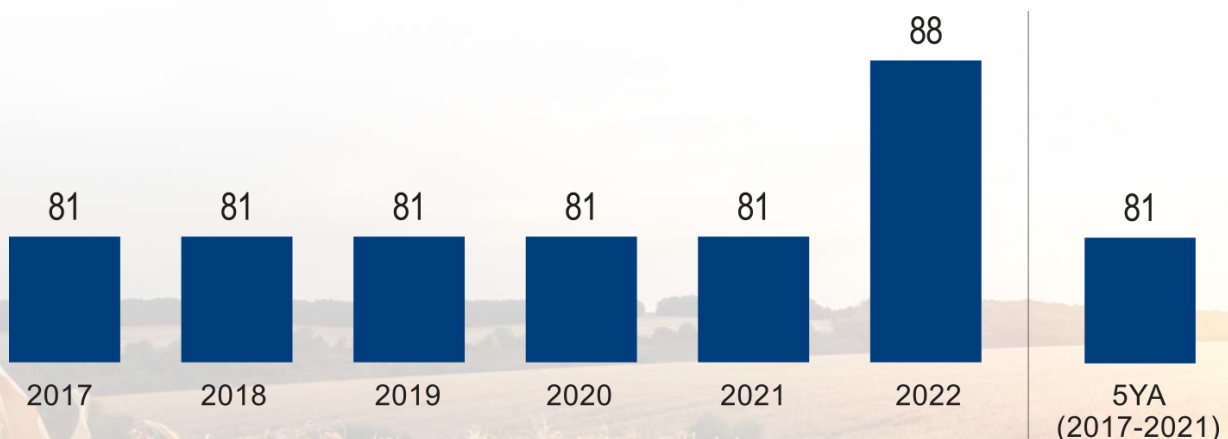


硬胚乳

硬胚乳試験では穀粒の全胚乳中に硬胚乳が占める割合を測定しますが、この値は通常 70~100%の間となります。軟胚乳と比較して硬胚乳の量が多いほどトウモロコシ粒は硬くなると言われています。加工の種類によって硬さの程度が重要になってきます。ドライミリングで加工される大型フレーキンググリッツの収率を高くするためには硬いトウモロコシが必要です。アルカリ処理には中~高程度の硬さのトウモロコシが望ましく、ウェットミリングや家畜飼料には低~中程度の硬さのトウモロコシが用いられます。硬さは破損しやすさ、飼料効率およびデンプン消化率と相関関係があります。軟質の粉状胚乳では硬胚乳ほどストレスクラックを生じる内部ストレスが蓄積されることはありません。したがって、硬胚乳の割合が大きいトウモロコシでは柔らかいトウモロコシよりもストレスクラックが発生しやすくなります。

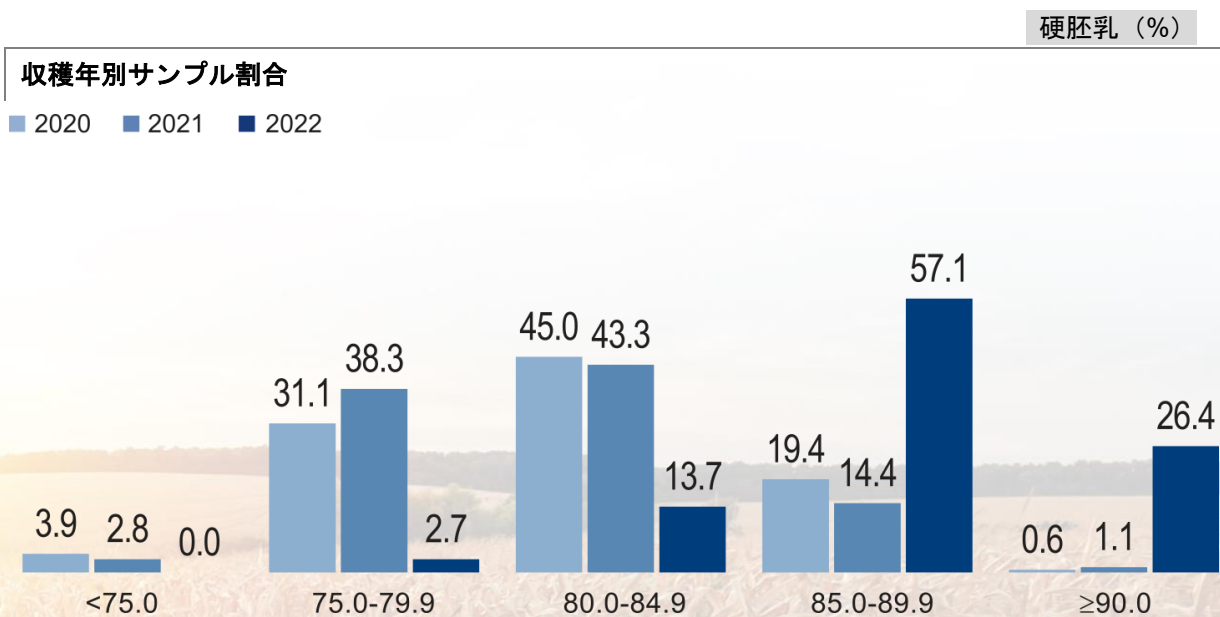
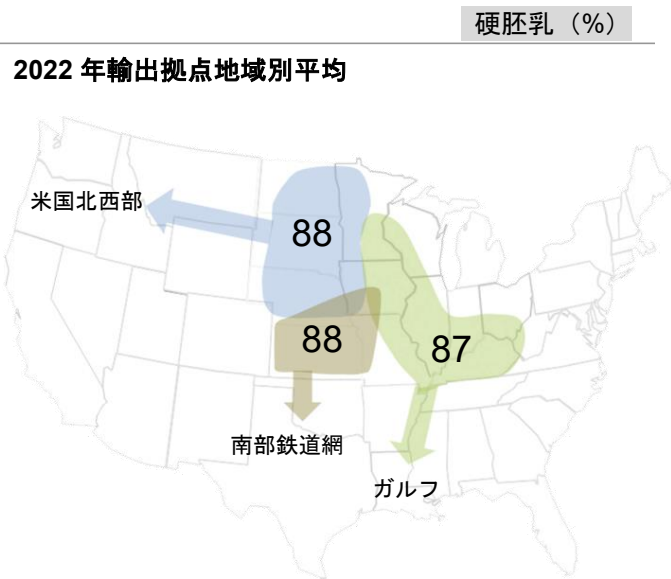
全体的な硬さを知るための測定試験として得られる硬胚乳の値に良いも悪いもありません。それぞれのエンドユーザーにとって望ましい特定の硬胚乳率の範囲があるに過ぎません。ドライミリングおよびアルカリ処理を行う業者の多くは硬胚乳が 85%を超えるトウモロコシを好み、一方ウェットミリング業者および飼料業者は一般に硬胚乳率 70~85%の範囲のトウモロコシを好みます。しかし当然のことながら、ユーザーの好みには例外も存在します。

「2019/2020 年収穫時報告書」から、マイコトキシン試験用のサンプルに限定して硬胚乳試験が実施されることになりました。このプロトコルにより、「2022/2023 年収穫時報告書」では合計 180 のサンプルに硬胚乳試験が実施されました。この品質ファクターの相対許容誤差は、この品質ファクターについてすべてのサンプルを試験した際に、「2011/2012 年収穫時報告書」から「2018/2019 年収穫時報告書」において 0.4%を上回ったことはありません。この調査に用いたサンプリング基準の詳細は「調査および統計分析の方法」のセクションに記載されています。

硬胚乳 (%)
米国集計結果の概要


結果

- 2022年の米国集計硬胚乳率の平均値（88%）は2021年、2020年、5YA（いずれも81%）および10YA（82%）を上回っている。
- 2022年の米国集計硬胚乳率の標準偏差は3%で、2021年、2020年、5YA および 10YA（いずれも4%）を下回っている。
- 2022年の硬胚乳率のばらつき幅は（78~95%）で2021年（72~90%）および2020年（72~92%）とほぼ同じである。
- 2022年のサンプル中、硬胚乳率が80%を超えるものは97.2%で、2021年（58.8%）および2020年（65.0%）を上回っている。
- ガルフ ECA、米国北西部 ECA および南部鉄道網 ECA の硬胚乳率平均値はそれぞれ87%、88%および88%である。



まとめ：物理的ファクター

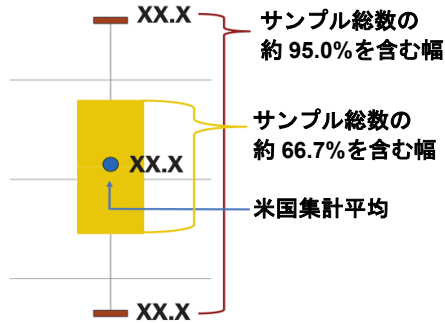
	2022収穫					2021収穫		2020収穫		5年平均 (2017~2021)		10年平均 (2012~2021)	
	サンプル 数 ¹	平均	標準 偏差	最小	最大	平均	標準 偏差	平均	標準 偏差	平均	標準 偏差	平均	標準 偏差
米国集計						米国集計		米国集計		米国集計		米国集計	
ストレスクラック (%)	600	6.9	5.2	0	66	5.1*	6.0	5.8*	5.1	5.9*	6.5	5.8*	6.7
百粒重 (g)	182	33.94	4.13	22.05	43.32	34.98*	3.50	34.53	3.64	35.05*	3.00	34.49	2.83
穀粒容積 (cm ³)	182	0.27	0.03	0.18	0.33	0.28	0.03	0.27	0.03	0.28*	0.02	0.27	0.02
真の密度 (g/cm ³)	182	1.253	0.022	1.169	1.316	1.252	0.021	1.255	0.023	1.256	0.020	1.260*	0.019
完全粒 (%)	600	91.0	4.6	65.2	100.0	92.3*	3.7	92.5*	3.9	91.7*	3.9	93.0*	3.5
硬胚乳 (%)	182	88	3	78	95	81*	4	81*	4	81*	4	82*	4
ガルフ						ガルフ		ガルフ		ガルフ		ガルフ	
ストレスクラック (%)	541	7.8	6.1	0	48	5.9*	6.8	6.9*	6.4	6.5*	7.1	5.9*	7.3
百粒重 (g)	164	35.08	3.99	22.05	43.32	35.82*	3.19	35.56	3.31	35.89*	2.88	35.12	2.80
穀粒容積 (cm ³)	164	0.28	0.03	0.18	0.33	0.29	0.02	0.28	0.02	0.29*	0.02	0.28	0.02
真の密度 (g/cm ³)	164	1.256	0.022	1.169	1.316	1.253	0.021	1.259	0.024	1.258	0.020	1.262*	0.019
完全粒 (%)	541	90.1	5.2	65.2	100.0	91.8*	3.9	92.2*	4.2	91.7*	3.9	93.1*	3.5
硬胚乳 (%)	164	87	3	78	95	81*	3	82*	4	81*	4	82*	4
米国北西部						米国北西部		米国北西部		米国北西部		米国北西部	
ストレスクラック (%)	299	5.8	4.4	0	66	4.3*	5.4	4.6*	3.6	6.0	6.3	5.7	6.3
百粒重 (g)	90	31.71	3.65	23.49	40.90	33.40*	3.29	33.01*	3.37	33.10*	2.84	32.57*	2.65
穀粒容積 (cm ³)	90	0.25	0.03	0.19	0.33	0.27	0.03	0.26*	0.03	0.27*	0.02	0.26*	0.02
真の密度 (g/cm ³)	90	1.247	0.022	1.169	1.316	1.248	0.018	1.247	0.022	1.246	0.020	1.250	0.019
完全粒 (%)	299	92.2	3.9	71.6	100.0	93.1*	3.3	92.9*	3.9	91.5*	4.1	92.7*	3.7
硬胚乳 (%)	90	88	3	78	95	81*	4	81*	4	81*	4	81*	3
南部鉄道網						南部鉄道網		南部鉄道網		南部鉄道網		南部鉄道網	
ストレスクラック (%)	359	5.5	3.7	0	48	4.0*	4.3	4.7*	3.8	4.3*	4.5	3.9*	4.5
百粒重 (g)	103	33.77	4.12	23.53	43.32	34.59*	3.38	33.95	3.32	35.11*	2.98	34.77*	2.86
穀粒容積 (cm ³)	103	0.27	0.03	0.20	0.33	0.28	0.03	0.27	0.02	0.28*	0.02	0.27*	0.02
真の密度 (g/cm ³)	103	1.255	0.022	1.206	1.316	1.256	0.021	1.258	0.021	1.263*	0.019	1.265*	0.018
完全粒 (%)	359	92.1	3.9	67.0	99.6	92.5*	3.8	92.7*	3.5	91.9	3.6	93.2*	3.3
硬胚乳 (%)	103	88	3	78	95	81*	4	82*	4	82*	3	82*	4

*は有意水準 95.0% で実施した両側t 検定に基づき、平均値が2022 年との間で有意な差を示していることを意味する。

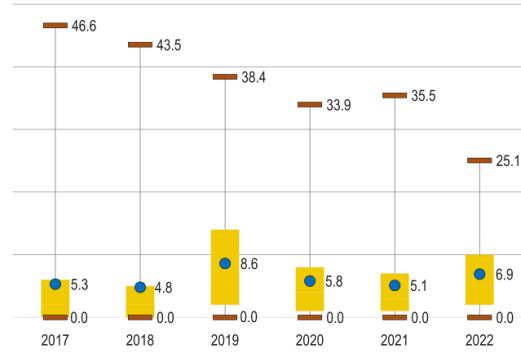
¹ ECA の結果は複合統計であるため、3ECA のサンプル数の合計は米国集計を超える。

物理的ファクター
6年集計比較

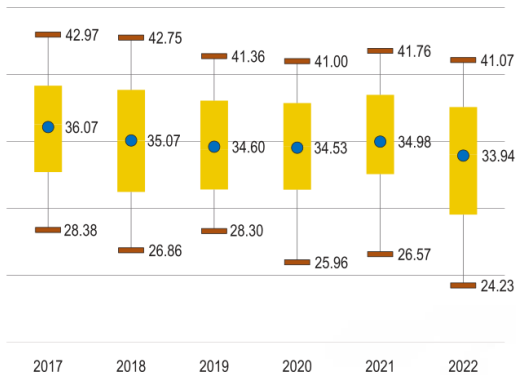
チャートの見方



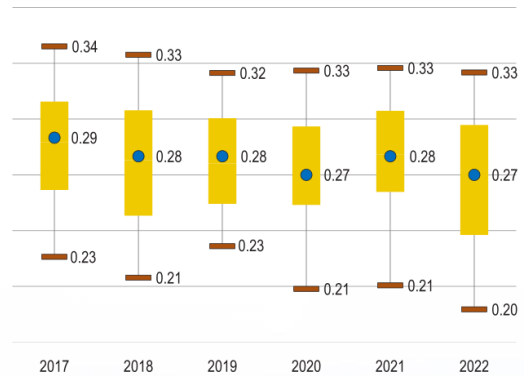
ストレスクラック (%)



百粒重 (g)

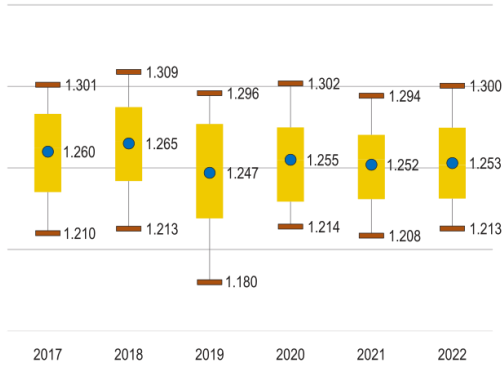


穀粒容積 (cm³)

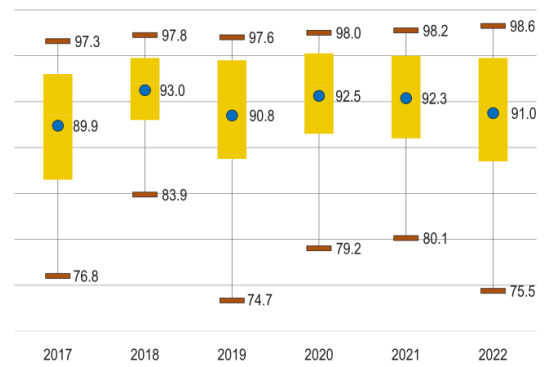


物理的ファクター
6年集計比較

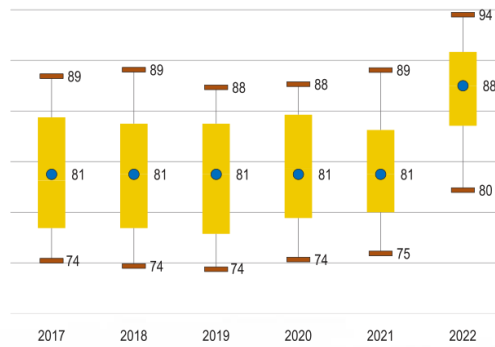
真の密度 (g/cm³)



完全粒 (%)



硬胚乳 (%)



E. マイコトキシン

マイコトキシンは穀物に自然発生する菌類から産生される毒性のある化合物です。マイコトキシンを多量に摂取した場合には、動物にもヒトにも健康被害が発生する可能性があります。アフラトキシン、デオキシニバレノールおよびフモニシンはトウモロコシに発生する最も一般的なマイコトキシンの中の3種であると考えられています。

12年の「収穫時報告書」すべてにおいて、収穫時サンプルのサブセットにアフラトキシンおよびデオキシニバレノールの試験を実施しました。「2019/2020年収穫時報告書」から、試験対象であるマイコトキシンのリストにフモニシンを追加しました。「2020/2021年収穫時報告書」ではサンプルのオクラトキシンA、T-2およびゼアラレノン試験も開始しました。

年度ごとに、トウモロコシの栽培や保管の環境条件によって、特定のマイコトキシンの産生がヒトや家畜によるトウモロコシの消費に影響を及ぼすレベルまで上昇する年としない年があります。ヒトや家畜のマイコトキシンに対する感受性のレベルはそれぞれ異なります。そのため、米国食品医薬品局（FDA）は使用目的別に、アフラトキシンには規制レベルを、デオキシニバレノールとフモニシンには勧告レベルを設定しています。

規制レベルでは汚染限界値が設けられ、この限界値を超えるとFDAは規制措置の準備を整えます。規制レベルはシグナルで、毒素や汚染物質がその規制レベルを超えFDAがその選択をする場合は、FDAの見解において規制措置や法的措置を支持すべきデータが存在することを示します。輸入品または国産の飼料サプリメントを正当な方法で分析し、適用される規制レベルを上回っていることが明らかになった場合には、粗悪品とみなされ、FDAによって押収されたり、州境を超えた取引から排除されたりする場合があります。

勧告レベルは食品または飼料に含まれる物質に関して、FDAがヒトや動物の健康を守る上で安全性に十分な余裕があると判断するレベルについて、業界を指導するために設けられたものです。FDAは強制措置を実施する権利を有していますが、勧告レベルの基本的な目的は強制措置を実施することではありません。

マイコトキシンの産生には生育条件が大きな影響を及ぼすため、「収穫時報告書」の目的は収穫時のトウモロコシからマイコトキシンが検出された事例を報告することに限定され、輸出される米国産トウモロコシに存在する可能性のあるマイコトキシンのレベルを予測することではありません。米国穀物物流経路には複数の段階があり、業界に適用される法律や規制が存在するため、輸出トウモロコシのマイコトキシンレベルは、収穫時の当初のレベルを下回る場合があります。

「収穫時報告書」の結果は、収穫時点のトウモロコシに存在する可能性のあるマイコトキシンに関する単なるひとつの指標として使用されるべきものです。「2022/2023年トウモロコシ輸出貨物品質報告書」は輸出時点でのトウモロコシの品質を報告するもので、米国産トウモロコシ輸出貨物中のマイコトキシンの存在についてより正確な指標が提供されることとなります。

サンプリング基準は「調査および統計分析の方法」のセクションに記載されていますが、結果としてマイコトキシン試験の対象サンプル数は合計180となりました。このマイコトキシン調査に用いた試験方法の詳細は「試験分析法」のセクションに記載されています。

アフラトキシン

トウモロコシに関わる最も重要なマイコトキシンはアフラトキシンです。アスペルギルス属の様々な菌種によって産生されるアフラトキシンにはいくつかの種類があり、中でも最も広く知られている菌種は黄色アスペルギルスです。菌やアフラトキシンによる穀物汚染は収穫前の圃場でまたは貯蔵中に広がる可能性があります。しかし、この収穫前の汚染がアフラトキシンに付随するほとんどの問題を引き起こすと考えられています。黄色アスペルギルスは高温で乾燥した環境条件下や、干ばつが長引いた場合よく増殖します。高温で乾燥した条件が一般的である米国南部の州では、深刻な問題となることがあります。通常、菌が攻撃するのはトウモロコシの穂の中のわずか数粒に過ぎず、多くの場合、害虫が作った傷口から穀物内部へと侵入していきます。干ばつ条件下ではトウモロコシの絹糸から個々の穀粒へと進行して行くこともあります。

食品の中で自然に見つかるアフラトキシンはアフラトキシン B1、B2、G1、G2 の 4 種類です。一般にこれらの 4 種類を「アフラトキシン」または「総アフラトキシン」と呼んでいます。アフラトキシン B1 は食品および飼料から最もよく検出されるアフラトキシンで、かつ最も毒性が強い種類でもあります。研究により、B1 は動物に自然発生する強力な発癌性物質であり、ヒトの癌の発生にも強い関係性のあることがわかっています。さらに、乳牛は B1 を代謝してアフラトキシン M1 という異なる形態のアフラトキシンに変化させ、乳汁に蓄積させることがあります。

アフラトキシンはヒトや動物の体内で主に肝臓を攻撃することで毒性を発現します。アフラトキシンの汚染レベルが非常に高い穀物を短期間摂取するか、汚染レベルの低い穀物を長期間摂取すると中毒作用が起こり、動物の中で最も敏感な種である家禽類では死に至ることもあります。アフラトキシンが体内に入ると、家畜では飼料効率あるいは繁殖力が低下し、ヒト、動物のいずれも免疫系が抑制される可能性があります。

FDA は飲料用の牛乳についてはアフラトキシン M1 の規制レベルを、食品や穀物、家畜飼料についてはアフラトキシンの規制レベルを ppb で設定しています（下表）。

こうした基準値を超えるアフラトキシンが検出されたトウモロコシをブレンドすることについて、FDA は追加的な方針および法規定を設けています。基本的に現時点では、FDA は、アフラトキシンに汚染されたトウモロコシに、汚染されていないトウモロコシを混合することにより、アフラトキシン含量を一般的な商用として許容されるレベルにまで引き下げることを認めていません。

アフラトキシン規制レベル	基準
20.0 ppb	乳畜、あらゆる年齢のペット、未成熟動物（家禽類の幼鳥を含む）および給餌する動物が不明の場合のトウモロコシ等穀物
100.0 ppb	繁殖用の肉牛、繁殖用の豚、成長後の家禽類
200.0 ppb	100ポンド以上の仕上げ豚
300.0 ppb	仕上げ肉牛（飼養場等）

出典 : www.ngfa.org

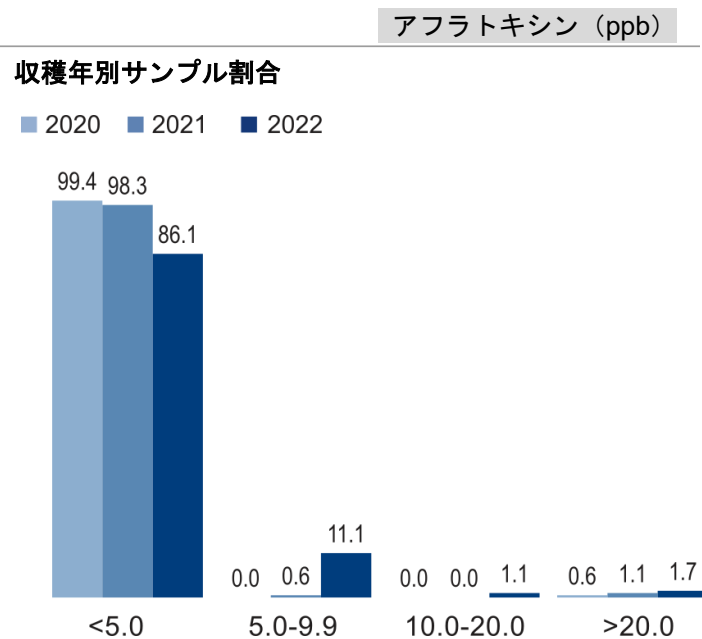
詳細情報については、米国穀物飼料協会のガイダンス文書「FDA Mycotoxin Regulatory Guidance」(https://drive.google.com/file/d/1tqeS5_eOtsRmxZ5RrTnYu7NCIr896KGX/view) を参照してください。

米国から輸出されるトウモロコシについては、契約によりこの要件が免除される場合を除き、連邦法に従ったアフラトキシン試験を FGIS で実施しなければなりません。FDA の規制レベルである 20.0 ppb を超えているトウモロコシについては、その他の厳格な条件を満たさない限り輸出することはできません。結果として、輸出トウモロコシに含まれるアフラトキシンは相対的に低いレベルになっています。

結果

2022 年は、アフラトキシン試験用として合計 180 のサンプルを分析しましたが、これに対し 2021 年および 2020 年も 180 サンプルが試験対象でした。2022 年の調査結果は以下のとおりです。

- 180 のサンプル中 155 サンプル、すなわち 86.1% に検出可能レベル（FGIS 低準拠レベル 5.0 ppb 未満）のアフラトキシンは認められなかった。これは、試験で検出可能レベルのアフラトキシンが認められなかった 2021 年（98.3%）および 2020 年（99.4%）のサンプルの割合を下回っている。
- 180 サンプル中 20 サンプル、すなわち 11.1% は、アフラトキシンのレベルが 5.0 ppb 以上かつ 10.0 ppb 未満である。この割合は 2021 年（0.6%）および 2020 年（0.0%）を上回る。
- 180 サンプル中、アフラトキシンのレベルが 10.0 ppb 以上かつ FDA の規制レベルである 20.0 ppb 以下のものは 2 サンプル、すなわち 1.1% である。この割合は 2021 年（0.0%）および 2020 年（0.0%）をわずかに上回るもののほぼ同じである。
- 180 サンプル中 3 サンプル、すなわち 1.7% は、アフラトキシンのレベルが FDA の規制レベルである 20.0 ppb を上回っている。この割合は 2021 年（1.1%）および 2020 年（0.6%）をわずかに上回っている。



こうした結果は、2022 年の調査対象収穫時サンプル中のアフラトキシンが 2021 年および 2020 年のサンプルをわずかに上回る（いずれも低レベルである）ことを示しています。その一因と考えられるのが、2022 年はアフラトキシンが発生しやすい気象条件だったということです（2022 年の生育条件の詳しい情報については、「作柄と気象条件」のセクションを参照してください）。

デオキシニバレノール（DON またはボミトキシン）

デオキシニバレノール（DON）は一部のトウモロコシ輸入者が懸念するもうひとつのマイコトキシンです。デオキシニバレノールはフザリウム属の特定の菌種から産生され、その中で最も重要なものが赤カビ菌類（*Gibberellazeae*）で、赤カビ病（*Gibberella ear rot* または *red ear rot*）を発生させます。*Gibberellazeae* 菌は開花時期の天候が低温または適温で、多雨になると発生しやすくなります。菌はトウモロコシの絹糸から下に広がって穂に入り、デオキシニバレノールを産生するだけでなく、穀粒にはっきりとわかる赤い変色を起こします。トウモロコシを圃場でそのままにしておくとう菌は広がり続け、穂を腐らせることがあります。*Gibberellazeae* 菌によるトウモロコシのマイコトキシン汚染は、多くの場合、極端に収穫が遅れたり、水分含量の高いトウモロコシを保存したりすると発生します。

多くの場合、デオキシニバレノールが問題になるのは単胃動物で、口や喉の炎症を引き起こすことがあるためです。結果としてこうした動物はやがてデオキシニバレノールに汚染されたトウモロコシを食べなくなり、増体率は低下し、下痢や不活動、腸の大量出血が引き起こされることもあります。免疫系を抑制する可能性もあり、そうなるとう様々な感染病にかかりやすくなります。

輸出市場向けのトウモロコシについて FGIS にはデオキシニバレノール試験が求められていませんが、バイヤー側からの要請があればデオキシニバレノールの定性試験または定量試験のいずれかを実施します。

FDA はデオキシニバレノールについて勧告レベルを設定しています。トウモロコシを含む製品に適用される勧告レベルは以下のとおりです。

デオキシニバレノール 勧告レベル	基準
5.0 ppm	豚については飼料の20%を超えてはならない。
5.0 ppm	記載のない他の動物すべてについては飼料の40%を超えてはならない。
10.0 ppm	鶏については飼料の50%を超えてはならない。
10.0 ppm	月齢4か月を超え、反芻を開始した肉牛および乳牛

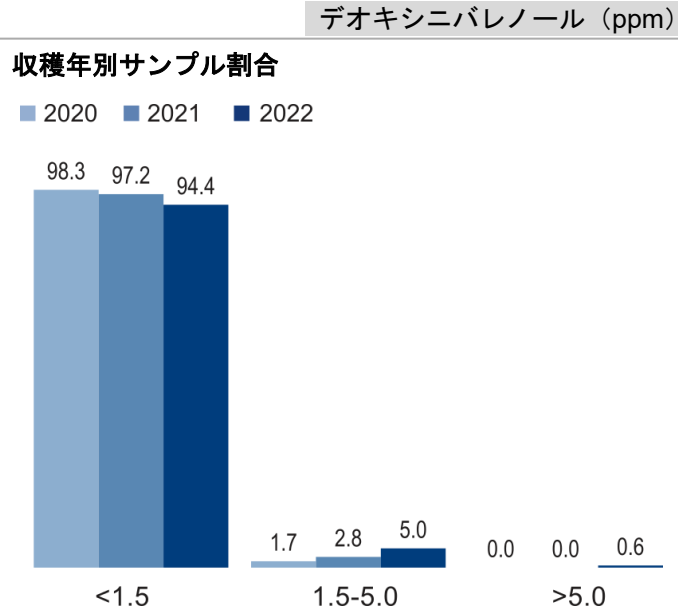
出典 : www.ngfa.org

詳細情報については、米国穀物飼料協会のガイダンス文書「FDA Mycotoxin Regulatory Guidance」
(https://drive.google.com/file/d/1tqeS5_eOtsRmxZ5RrTnYu7NC1r896KGX/view) を参照してください。

結果

2022年のデオキシニバレノールについては、合計180サンプルをまとめて分析しました。2021年および2020年のデオキシニバレノール試験サンプル数もそれぞれ180件でした。2022年の調査結果は以下の通りです。

- 試験対象の180サンプル中170サンプル、すなわち94.4%が1.5 ppmを下回っている。2022年のこの割合は2021年（97.2%）および2020年（98.3%）をわずかに下回るがほぼ同じである。
- 試験対象の180サンプル中9サンプル、すなわち5.0%が1.5 ppm以上で、かつFDAの勧告レベルである5.0 ppm以下である。2022年のこの割合は2021年（2.8%）および2020年（1.7%）をわずかに上回る。



- 試験対象の180サンプル中、1サンプル、即ち0.6%がFDAの勧告レベルである5.0 ppmを上回っているが、2021年（0.0%）および2020年（0.0%）とほぼ同じである

2022年の試験対象サンプルのうち1.5 ppmを上回ったものの割合が比較的高かったのは、デオキシニバレノールが発生しやすかった2022年の気象条件によるものと考えられます。

フモニシン

フモニシンは自然発生するマイコトキシンで、その多くは穀物、主にトウモロコシに見られます。フモニシンはアフラトキシンやデオキシニバレノールよりもかなり後になって発見されました。フモニシンはフザリウム属の様々な菌種から産生されます。フモニシン類はフモニシン B1、フモニシン B2 およびフモニシン B3 から構成されます。フモニシン B1 が最も多く、全フモニシンの約 70~80% を占めています。フモニシンに関する主要な懸念事項は飼料汚染で、特に馬や豚に対して有害な影響を及ぼすことがあります。菌およびフモニシンの形成は主に収穫前に起こります。虫は傷害因子として働くため、フモニシン汚染で重要な役割を果たします。温度および降雨条件は菌の増殖およびフモニシン汚染に関係します。一般に、フモニシン汚染は植物体のストレス、害虫による損傷、干ばつおよび土壌水分含量が関係しています。2001 年に FDA はヒトおよび動物への曝露を低減するために、トウモロコシ主体食品および飼料中のフモニシンの指導レベルを発表しました。FDA 勧告レベルは次のとおりです。

フモニシン勧告レベル 基準	
5.0 ppm	ウマ科動物（すなわち馬）とウサギ、飼料の20%を超えてはならない。
20.0 ppm	豚とナマズ、飼料の50%を超えてはならない。
30.0 ppm	繁殖用反芻動物、繁殖用家禽と繁殖用ミンク、飼料の50%を超えてはならない。
60.0 ppm	月齢3か月を超える食肉処理目的の反芻動物、毛皮生産目的で飼養するミンク、飼料の50%を超えてはならない。
100.0 ppm	食肉処理目的で飼養する家禽類、飼料の50%を超えてはならない。
10.0 ppm	上記以外のその他すべての動物、飼料の50%を超えてはならない。

出典：www.ngfa.org

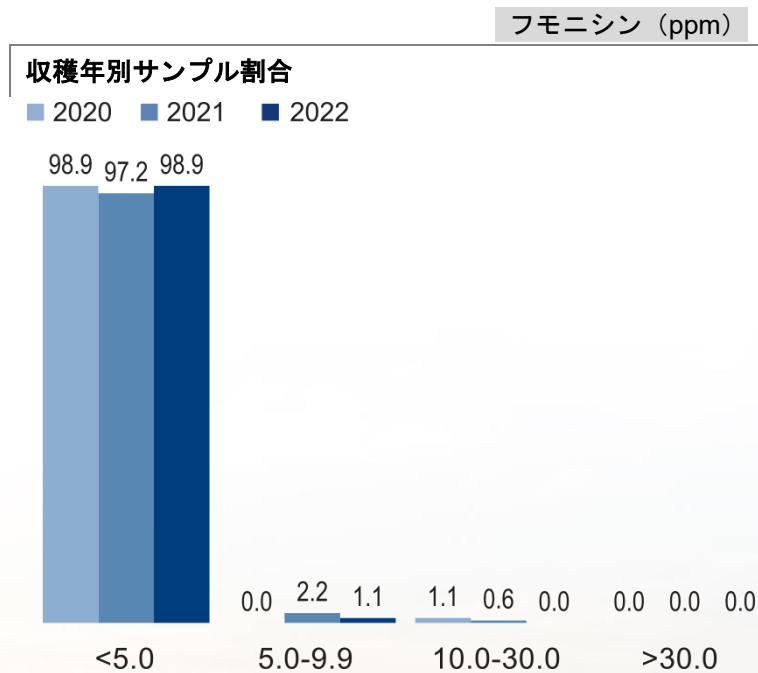
詳細情報については、米国穀物飼料協会のガイダンス文書「FDA Mycotoxin Regulatory Guidance」

(https://drive.google.com/file/d/1tqeS5_eOtsRmxZ5RrTnYu7NCI896KGX/view) を参照してください。

結果

2022年は合計180のサンプルをまとめてフモニシンを分析しました。フモニシンの試験は「2019/2020 収穫時報告書」から実施しています。2022年の試験結果は以下のとおりです。

- 試験対象180サンプル中178サンプル、すなわち98.9%が動物に適用される勧告レベルの中で最も低い（ウマ類およびウサギ用）限界値である5.0 ppmを下回っている。2022年のこの割合は2021年（97.2%）および2020年（98.9%）とほぼ同じである。
- 試験対象180サンプル中2サンプル、すなわち1.1%が5.0 ppm以上10.0 ppm未満である。2022年のこの割合は2021年（2.2%）および2020年（0.0%）とほぼ同じである。
- 試験対象180サンプル中ゼロ、すなわち0.0%が10.0 ppm以上30.0 ppm以下である。2022年のこの割合は2021年（0.0%）および2020年（1.1%）とほぼ同じである。
- 試験対象180サンプル中ゼロ、すなわち0.0%が繁殖用反芻動物、家禽類およびミンクに適用される勧告レベルである30.0 ppmを上回っている。2022年のこの割合は2021年および2020年と同じである。



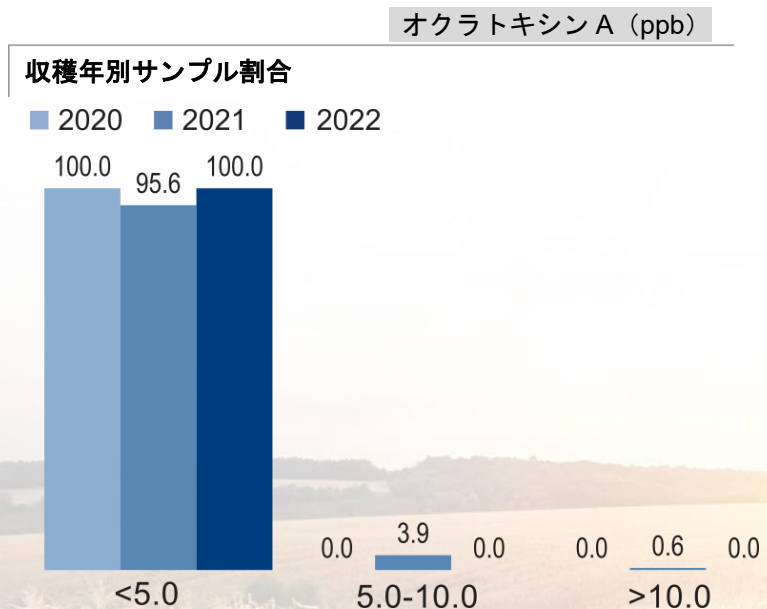
オクラトキシン A

オクラトキシンは、ペニシリウム・ベルコーサム (*Penicillium verrucosum*) やアスペルギルス・オクラセウス (*Aspergillus ochraceus*) など、穀類、穀物やその他の様々な食品にコロニーを形成できる多くの菌種から産生される危険なマイコトキシンと考えられています。これらの食品の中で、穀類や穀物が摂取されるオクラトキシンの50~80%を占めると考えられています。菌類はオクラトキシン A、B および C を産生できますが、オクラトキシン A が最も大量に産生されます。オクラトキシン A は圃場から保管に至る製造経路のどこでも発生しますが、主に保管問題と考えられています。高水分含量・多湿 (14%超)、暖かさ (20°C 超)、および/または乾燥が不適切であった状況下で保管した穀物は、菌類に汚染されてオクラトキシンを産生する可能性があります。さらに、機械的、物理的な方法または害虫による損傷を受けた穀物は、菌類の侵入口になることがあります。菌類が穀物で最初に増殖すると代謝により十分な水分を形成でき、さらなる増殖とマイコトキシンの形成が可能になります。穀類や穀物食品は人間の食べ物の大きな割合を占めるため、いくつかの国では未加工穀物内のオクラトキシン A の最大レベルを設定しています。欧州委員会は、未加工穀物内のオクラトキシン A の最大レベルを 5.0 ppb に設定しました。FDA はオクラトキシン A に対する勧告レベルを設定していません。

結果

調査サンプルでのオクラトキシン A の試験は「2020/2021 収穫時報告書」から実施しています。2022 年にオクラトキシン A について行った 180 サンプルの分析結果は次のとおりです。

- 試験したサンプル中 180 サンプル、すなわち 100.0%が、欧州委員会が設定したオクラトキシン A の最大レベルである 5.0 ppb を下回っている。この割合は 2021 年 (95.6%) を上回り、2020 年 (100.0%) と同じである。
- 試験したサンプル中、5.0 ppb 以上、10.0 ppb 以下のものはゼロ、すなわち 0.0%である。2022 年のこの割合は 2021 年 (3.9%) を下回り、2020 年 (0.0%) と同じである。
- 試験したサンプル中 10.0 ppb を上回ったものはゼロ、すなわち 0.0%である。2022 年のこの割合は、2021 年 (0.6%) を下回り、2020 年 (0.0%) と同じである。



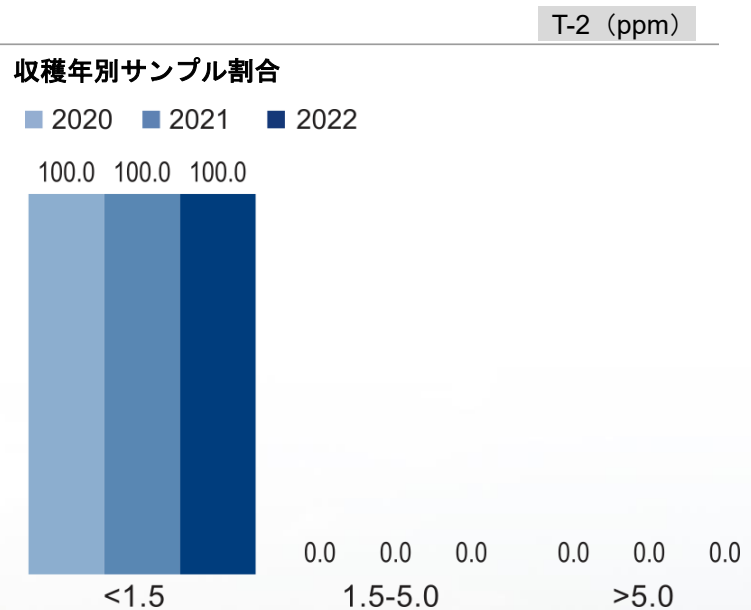
T-2

T-2 は、トリコテセンと呼ばれるマイコトキシン類に属するいくつかのマイコトキシン（デオキシニバレノール（DON）を含む）のひとつです。T-2 トキシンは、様々なフサリウム属の菌類によって生育中の穀物粒に産生します。この菌類は、広い温度範囲（-2~35°C）と 0.88 を超える水分活性でのみ増殖できます。その結果、T-2 は収穫時の穀物には通常見られず、収穫後（特に冬季に）圃場に放置されて水害を被った穀物に見られます。一方、保管中に穀物が水害を被った場合は保管中に生じることがあります。FDA は T-2 トキシンに対する勧告レベルを設定していません。

結果

調査サンプルでの T-2 の試験は「2020/2021 収穫時報告書」から実施しています。2022 年に T-2 について行った 180 サンプルの分析結果は次のとおりです。

- 試験したサンプル中 180 サンプル、すなわち 100.0% が 1.5 ppm を下回っている。2022 年のこの割合は 2021 年（100.0%）および 2020 年（100.0%）と同じである。
- 試験したサンプル中、1.5 ppm 以上、5.0 ppm 以下のものはゼロ、すなわち 0.0% であり、これは 2021 年（0.0%）および 2020 年（0.0%）と同じである。
- 試験したサンプル中、5.0 ppm を上回ったものはゼロ、すなわち 0.0% であり、これは 2021 年（0.0%）および 2020 年（0.0%）と同じである。



ゼアラレノン

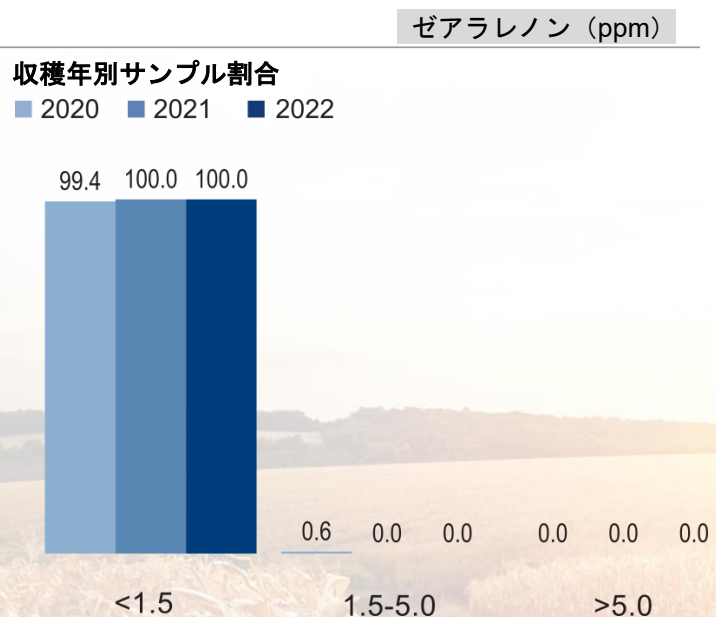
ゼアラレノンは、いくつかの例外を除く多くの点でデオキシニバレノール（DON）に非常に類似したマイコトキシンです。いずれもフザリウム属の菌類から産生されます。したがって、穀物と穀物製品内から両方のマイコトキシンが同時に見つかることは珍しくありません。ゼアラレノンとデオキシニバレノールの産生に対する生育条件は非常に類似しており、最適温度範囲は65～85° Fです。生育中の温度低下もまた、菌類によるトキシンの産生を刺激します。菌類がゼアラレノンを産生するのに必要な水分含量は20%以上であり、この値もデオキシニバレノールの産生に必要な値とほぼ同じです。一方、生育中に水分含量が15%未満に低下するとトキシンの産生が停止します。これは、保管中のトウモロコシの水分含量レベルを15%未満まで乾燥させることが推奨される理由のひとつになっています。0.1～5.0 ppm という低いレベルでも豚に生殖問題が発生することが示されているため、汚染の可能性がある穀物を豚に与える場合は十分な注意が必要です。FDAはゼアラレノンに対する勧告レベルを設定していませんが、デオキシニバレノールに対する懸念レベルを守ることは推奨しています。

他のマイコトキシンと同様、180 サンプルを試験対象としてゼアラレノンに対する今年の生育条件の影響を評価しています。用いたサンプリング基準と試験方法は、それぞれ「調査および統計分析の方法」および「試験分析法」のセクションに記載されています。

結果

「2020/2021 収穫時報告書」から調査サンプルにゼアラレノンの試験を実施しています。2022年の180 サンプルの分析結果は次のとおりです。

- 試験したサンプル中 180 サンプル、すなわち 100.0%が 1.5 ppm 未満である。この割合は2021年（100.0%）と同じで2020年（99.4%）とほぼ同じである。
- 試験したサンプル中、1.5 ppm 以上だが 5.0 ppm 以下のものはゼロ、すなわち 0.0%である。この割合は2021年（0.0%）と同じで2020年（0.6%）とほぼ同じである。
- 試験した 180 サンプル中、5.0 ppm を上回ったものはゼロ、すなわち 0.0%であり、これは2021年および2020年（いずれも 0.0%）と同じである。



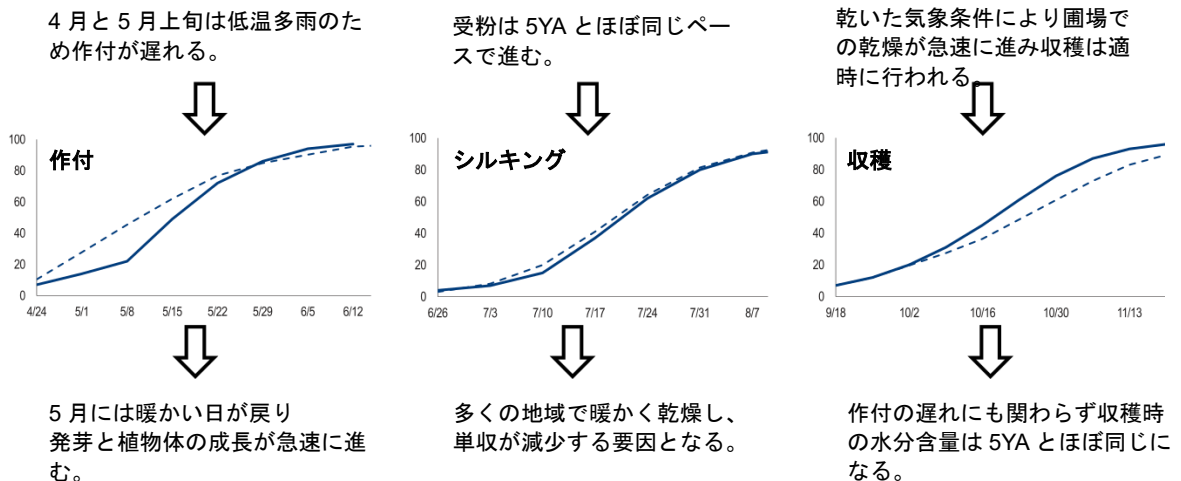
A. 2022 年収穫ハイライト

天候は、圃場におけるトウモロコシの作付作業、生育条件および穀粒の成長に大きな役割を果たします。そして、これらの要素は最終的な収量や品質に影響を及ぼします。全体的に、2022 年には作付の遅れ、受粉期の雨不足、登熟期の高温と干ばつ、そして迅速な圃場での乾燥と収穫という特徴があります。トウモロコシは平均よりも遅く作付され、全体的に暖かく乾いた生育期を過ごしましたが、シーズンを通して「良い」から「とても良い」の作柄評価¹は5YAを下回りました。気象条件を要因として容積重およびタンパク質含量の平均値は5YAを上回りました。以下に2022年生育期の重要な状況をハイライトとして記載します。

- 低温多雨の条件によって作付時期が遅れたが、その後植物体は暖かな日が長く続いたため急速に成長した。
- 受粉は5YAとほぼ同じ時期に行われ（シルキング期）暖かく乾燥した気象条件だった。ただし、ガルフ ECA の東半分の地域はこの限りではなく、7月は平均的な気温と降水量となった。
- ガルフ ECA では穀粒は全体的に平均的な条件で生育したが、他の地域は高温と干ばつによりタンパク質含量と硬胚乳の濃度が高まった。
- シーズン終盤の乾燥した条件によって、圃場での乾燥が急速に進み適時に乾燥した状態のトウモロコシを収穫することができた。

生育条件と作物成長への影響

— 2022 — 2017-2021



B. 作付と初期生育の状況

遅い作付、均一な発芽、そして高温と干ばつのストレス

トウモロコシの単収と品質に影響を及ぼす気象ファクターとして、トウモロコシ生育期直前や期間中の降水量と気温が挙げられます。こうした気象ファクターは作付されたトウモロコシの品種や土壌の肥沃度に相互に影響を及ぼします。穀物の単収は1 エーカー当たりの植物体数、1 植物体あたりの穀粒数、および各穀粒の重量で決まります。作付時に低温多雨になると植物体の数が減少するか生育が妨げられ、単収の減少につながる可能性があります。根系が土深くまで発達すればするほど期間後半に水に到達しやすくなり、植物体の成育後期に窒素肥料が有効に保たれるので、作付時期や生育初期のある程度乾燥した天候は有利に働きます。

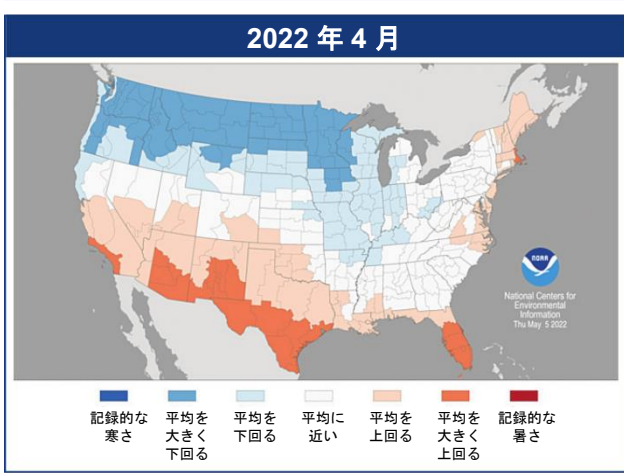
2022 年

2022 年は、全体的にトウモロコシの作付は圃場が低温多雨の状態にあったため、5YA から 1~2 週間遅れて始まり、作付後は暖かい日が長く続いたため、「とても良い」均一な発芽に繋がりました。6 月、植物体の後期成長期に暖かく乾いた状況が続いたため急速な成長が維持され、5YA のタイミングと同じになりました。

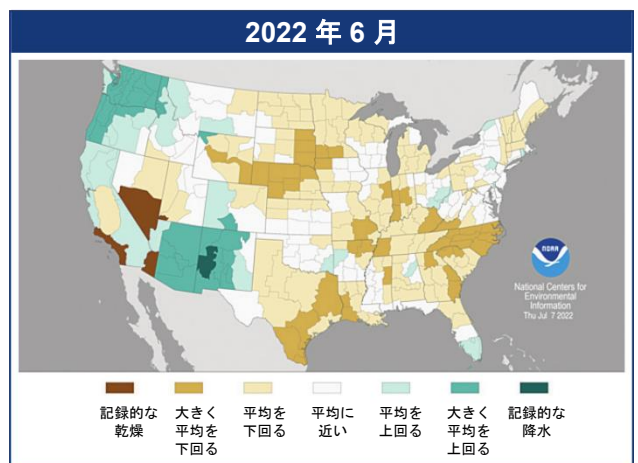
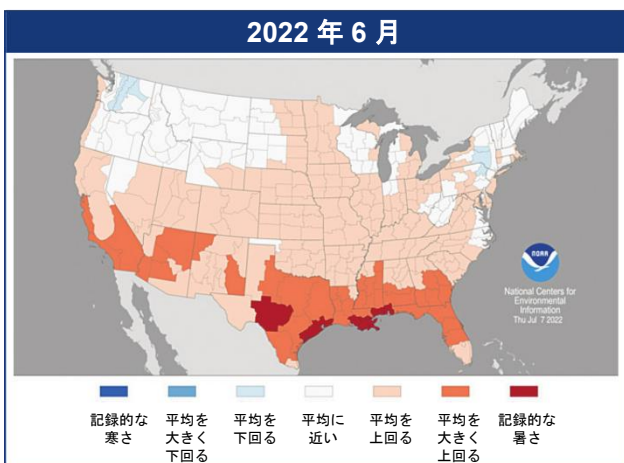
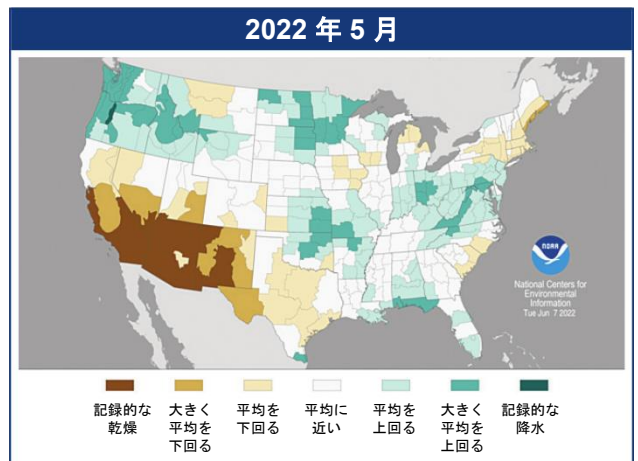
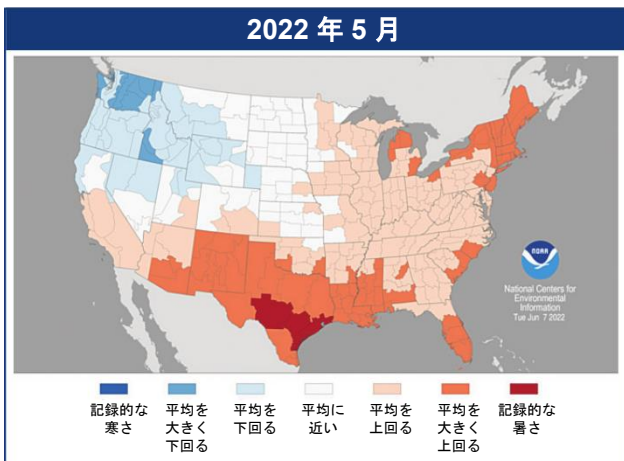
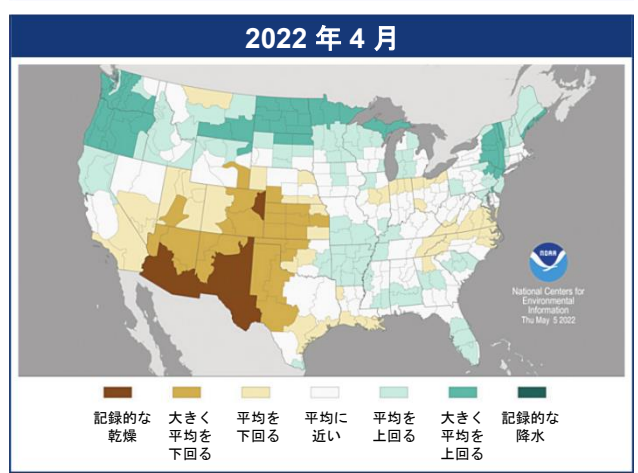
米国北西部 ECA では、作付を遅らせた過剰な降雨は長期の干ばつを緩和するには至らず、苗がストレスに曝されました。

ガルフ ECA および南部鉄道網 ECA では春の降雨により干ばつに曝される地域が減少したことで、6 月の高温と干ばつの期間苗の成長が促進されました。

地域別平均気温レベル
(期間：1895～2022)



地域別降雨量レベル
(期間：1895～2022)



出典：NOAA／地域気候センター

出典：NOAA／地域気候センター

C. 受粉と登熟の状況

熱ストレスによる穀粒数の減少

トウモロコシは通常7月に受粉しますが、この時期に気温が平均を上回ったりあるいは雨が不足したりすると、多くの場合穀粒数が減少します。7月と8月の登熟期初期の気象条件は最終的な穀粒の組成に決定的な影響を及ぼします。受粉期に、降雨量がほどほどで気温、特に夜間の気温が平均気温を下回ると、収量が増加することとなります。とりわけ登熟期の後半（8月から9月）に降雨量が少なく気温が高ければ、タンパク質が増加します。登熟期後半には窒素も葉から穀粒に再移動し、その結果穀粒のタンパク質と硬胚乳が増加します。

マイコトキシンの発生に関して、アフラトキシンの産生は、開花時期とそれに続く高温多湿期間中の熱ストレス、少雨および干ばつ状況によって誘発されます。デオキシニバレノールの産生は収穫の遅れや高水分含量のトウモロコシの保管に関連付けられますが、デオキシニバレノールを産生する真菌感染は、トウモロコシの穂の絹糸を通じた感染による受粉後3週間以内に生じた低温（26～28℃）や湿った状況によって促進されます。

2022年

2022年、ガルフ ECA では、全体的に温暖で、適度な降雨の状況下で受粉が行われましたが、米国北西部 ECA および南部鉄道網 ECA では乾燥が進みました。このような気象条件により、アフラトキシンまたはデオキシニバレノールが感染しやすい状態にはなりませんでした。

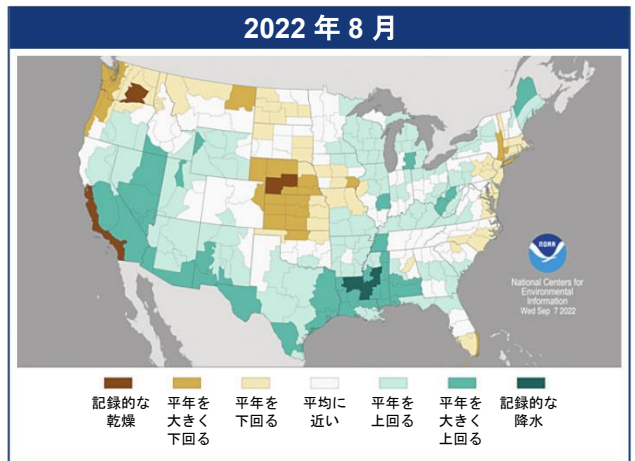
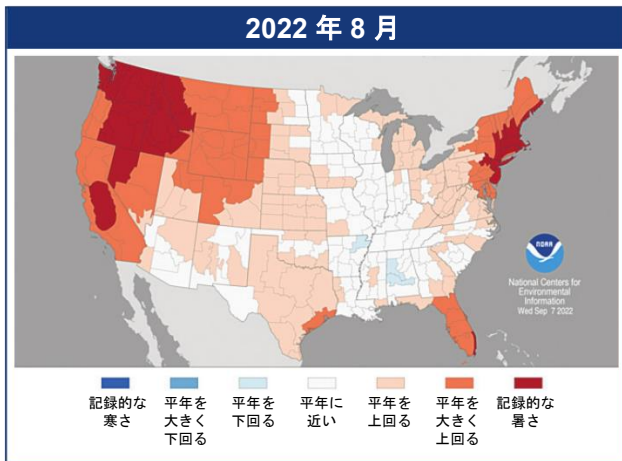
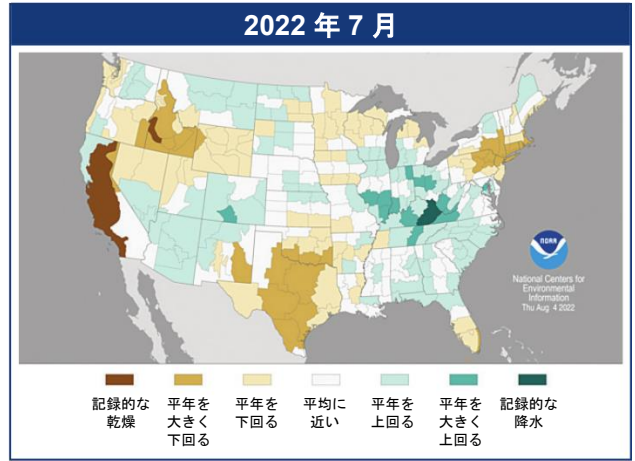
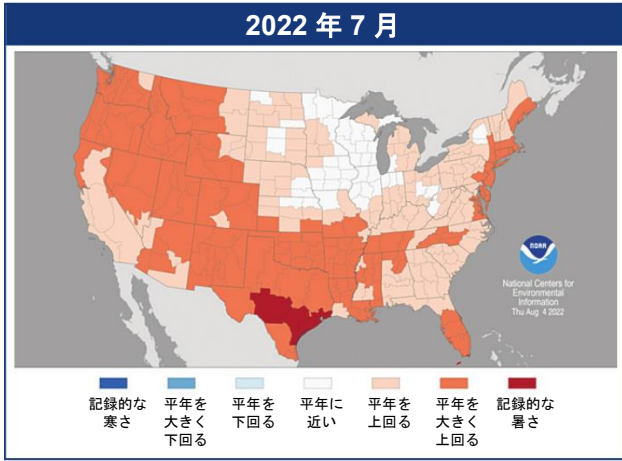
ガルフ ECA の気象条件はばらつきがありましたが概ね東側の地域では平均気温および豊富な降雨となり、結果としてほぼ理想的な穀粒登熟条件が整いました。これに対し、西側の地域は気温が高く乾燥し、タンパク質および硬胚乳の蓄積に適した条件となりました。

米国北西部 ECA では中央部に豊富な降雨があり、登熟期の干ばつストレスを軽減しました。しかしながら、ECA 全体にわたる高温ストレスにより、穀粒の登熟が全体的に進まずデンプンの蓄積が少なくなりました。極端な干ばつに見舞われた地域では受粉せず収穫を早めて穀粒の代わりにサイレージを収穫した地域もありました。

南部鉄道網 ECA 北部では、7月適度な降雨を得て受粉に適した生育条件となりましたが、8月は暖かく乾燥し、デンプンや油分よりタンパク質の蓄積に適した条件となりました。南半分の極端な干ばつが発生した地域では受粉せず収穫を早めて穀粒の代わりにサイレージを収穫する地域が多くみられました。極端な干ばつに見舞われた地域の試験サンプル数が減少したことで、見込まれる生産量および輸出量が減少する原因となりました。

地域別平均気温レベル
(期間：1895～2022)

地域別降雨量レベル
(期間：1895～2022)



出典：NOAA／地域気候センター

出典：NOAA／地域気候センター

D. 収穫の状況

乾燥と早期の収穫

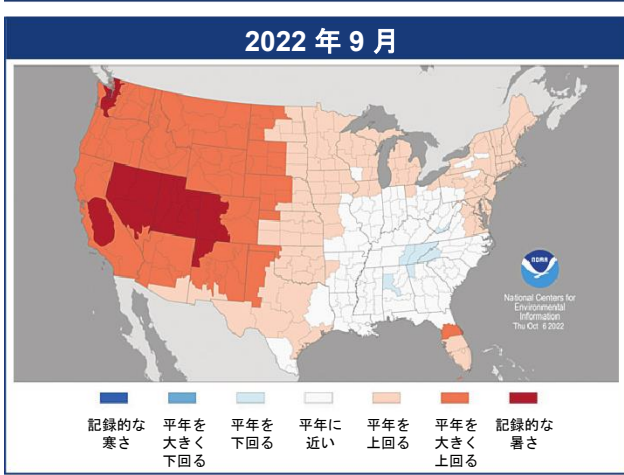
成熟したトウモロコシの水分含量の範囲は25~35%です。生育期間の終盤において圃場での穀物の理想的な自然乾燥レベルは水分含量にして15~20%ですが、これは日照、気温、湿度および土壌水分含量に左右されます。晴天で温かく乾燥した日はトウモロコシが最も効果的に乾燥し、品質への悪影響も最小になります。生育期間終盤の天候上の懸念のひとつは、気温が氷点下になることです。穀粒が十分に乾燥する前に氷点下の気温になると単収や真の密度、容積重の低下に結びつくことがあります。また、十分に成熟する前に収穫すると水分含量が多くなり、水分含量の少ないトウモロコシと比較してストレスクラックや破損が発生しやすくなる可能性があります。非常に固い穀粒はストレスクラックも増えやすくなります。

2022年

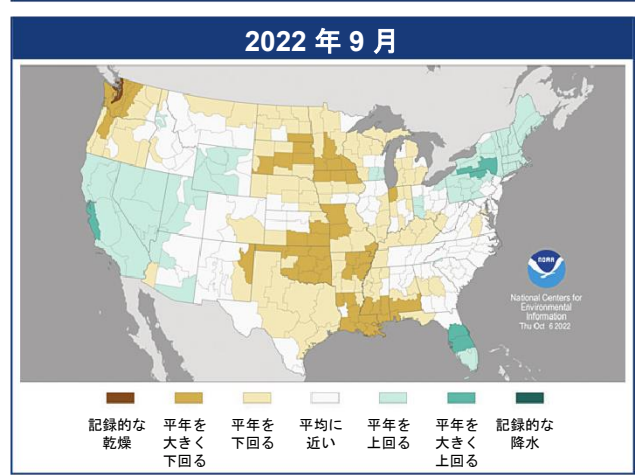
2022年の作付が遅れた一方、成長は迅速に進み、成熟は5YAとほぼ同じとなりました。成熟後に乾いた条件が続き生産者は雨や凍てつくような天候で遅れるようなこともなく穀粒を収穫することができました。

生育期終盤が暖かかったことにより、デオキシニバレノール、フモニシン、オクラトキシンA、T-2、ゼアラレノンなどのマイコトキシンの発生が食い止められました。これらの同じ条件がトウモロコシの成熟を早め、適時の収穫に寄与し、これらのマイコトキシンの大規模な発生も防がれました。

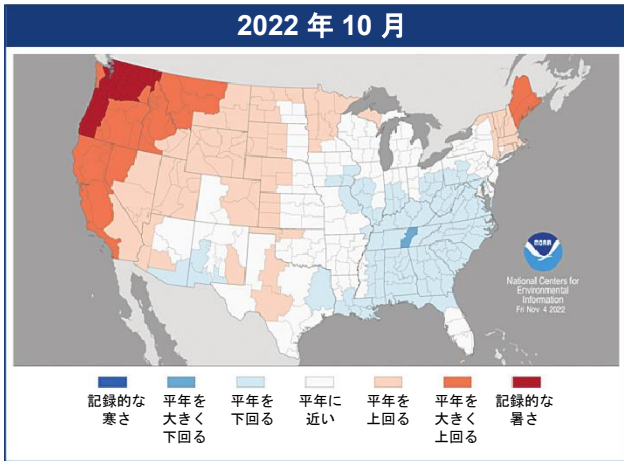
地域別平均気温レベル
(期間：1895～2022)



地域別降雨量レベル
(期間：1895～2022)

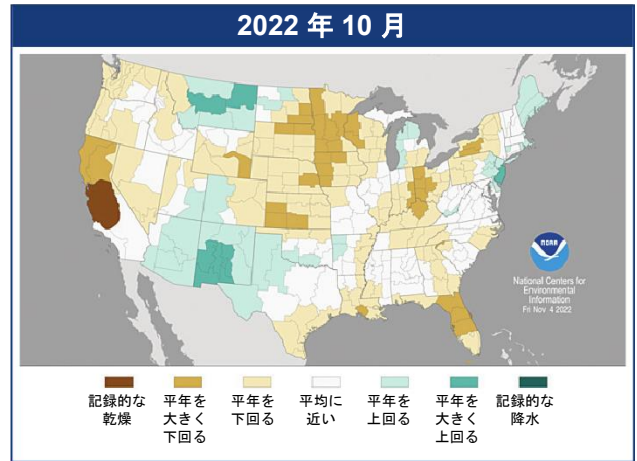


2022年10月



出典：NOAA／地域気候センター

2022年10月



出典：NOAA／地域気候センター

E. 2021年、2020年および5年平均と比較した場合の2022年

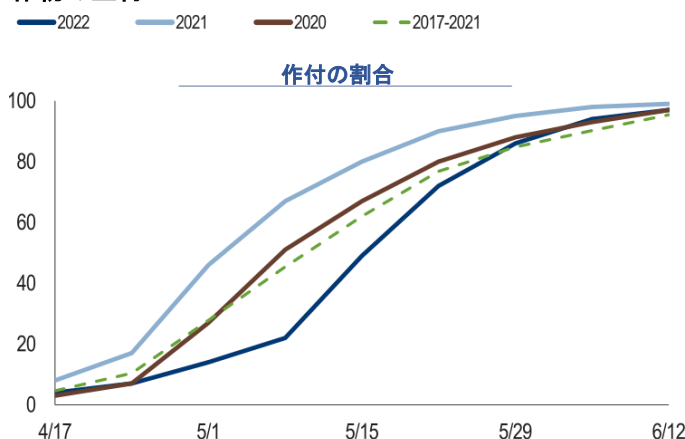
2022年トウモロコシは適度なストレス下で急速に成長する

4月の低温多雨により2022年の作付けは2020年および5YAから1週間、2021年から2週間遅れました。2020年は春の低温で乾燥した天候により5YAより作付けが早く行われました。

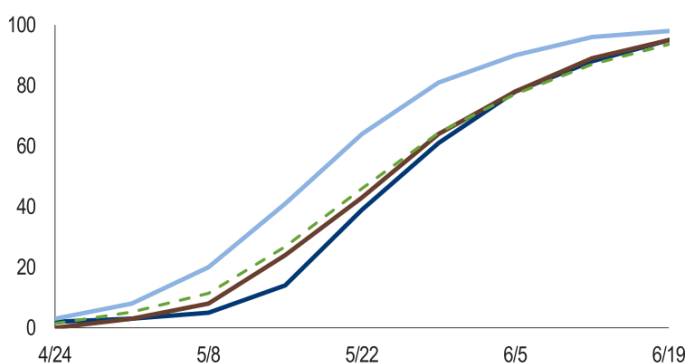
暖かい気温により、発芽は急速に進み2020年および5YAの時期とほぼ同じとなりましたが、2021年からは1週間遅れました。涼しい条件が続いた2020年は植物体の成長が5YAから遅れましたが、2021年は成長の遅れはより少なくなりました。

2022年は、シルキング/受粉の時期が2020年および5YAとほぼ同じになる一方、作付けが早かった2021年ほど早くはなりませんでした。2021年は、涼しい気温により受粉が進み、2020年は降雨により初期の乾燥が緩和されました。2022年のガルフECAは、受粉時期の雨が奏功しました。2022年では、例年を上回る気温がデンプンの蓄積を制限し、タンパク質や硬胚乳に望ましい状況となりました。

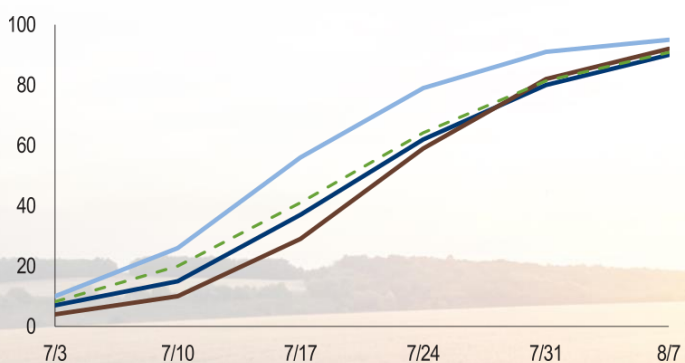
作物の生育



発芽の割合

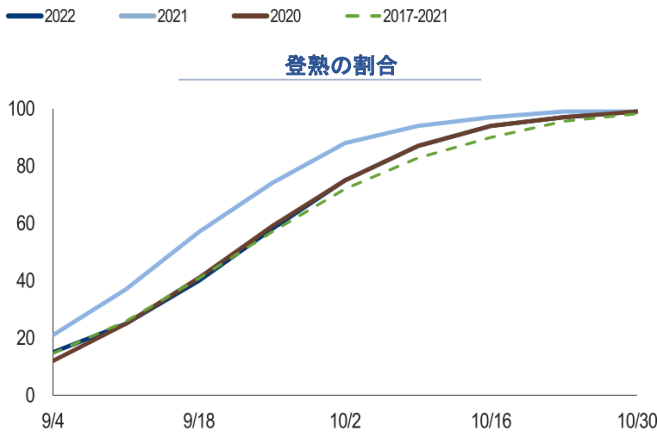


シルキングの割合

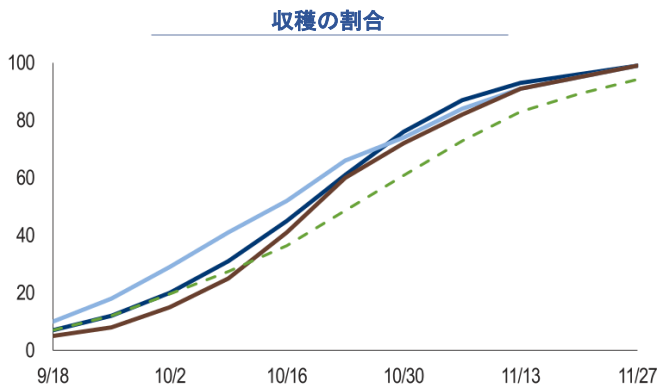


出典：USDA NASS

作物の生育

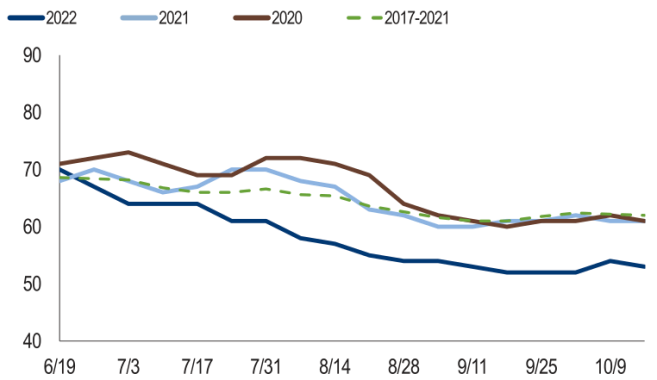


2022年の乾いた条件によりトウモロコシは2020年および5YAとほぼ同じように成熟しました。2021年は、カナダの野火から発生した煙のために西部地域の気温が低下し、光合成やデンプンの蓄積がいくらか妨げられました。



2022年、干ばつ条件と高温により急速に成熟したためトウモロコシは早期に収穫されました。2020年および2021年の収穫は乾いた条件下で5YAより速いペースで進みました。

米国産トウモロコシの作柄
「良い」から「とても良い」の評価の割合



2022年、作柄は「良い」から「とても良い」のまずまず高い格付け¹で始まりましたが、過度な高温と干ばつにより格付けは穀粒の成長期・登熟期の際に徐々に下がり、2020年、2021年および5YAを下回りました。高温で乾いた条件は、デンプンおよび油分の大前提である光合成にはあまり適していません。よって、2022年のトウモロコシはタンパク質の含量および組成の質が上昇しました。2021年には、当初「良い」から「とても良い」の高い評価を受けていましたが、シーズン全体では5YAとほぼ同じという評価にとどまりました。2020年も受粉時期に乾燥と高温が続き格付けは一定の低下傾向を示しました。

出典：USDA NASS

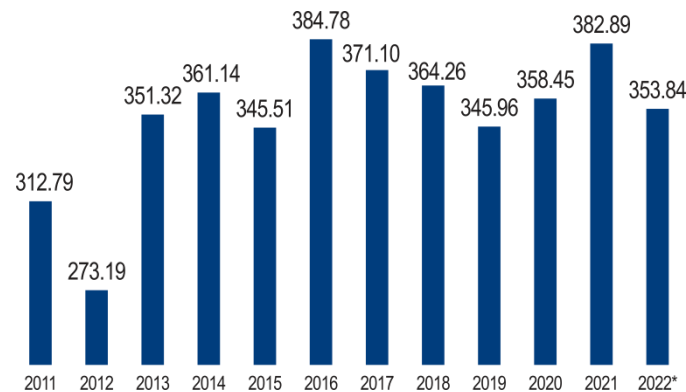
¹ 「良い」の評価は通常の単収が見込まれることを意味する。水分レベルは適切で、病害、虫害および雑草圧力の程度は低い。「とても良い」の評価は単収見込みが通常以上で、作物にストレスがほとんどまたは全くないことを意味し、病害、虫害および雑草圧力は取るに足りないレベルである。

A. 米国産トウモロコシの生産量

米国平均生産量および単収

2022年11月USDA世界農業需給予測(WASDE)報告書では、2022年の米国産トウモロコシ生産量は3億5384万メートルトン(139億3000万ブッシェル)と予測されています。これが現実になると、2019/2020穀物年度(3億4596万メートルトンまたは136億2000万ブッシェル)以来最も低い数値となり、過去5年間の平均値(3億6453万メートルトンまたは143億5100万ブッシェル)を下回ります。2022年のこの低い予測生産量は収穫面積および単収の予測値の結果です。2022年は計3273万ヘクタール(8080万エーカー)で収穫が予測されていますが、これに対し5YAは3320万ヘクタール(8200万エーカー)でした。平均単収もまた5YAを下回ると予想されています。単収平均値は1ヘクタール当たり10.81メートルトン(1エーカー当たり172.3ブッシェル)と予測されていますが、これに対し過去5年のトウモロコシは1ヘクタール当たり平均10.90メートルトン(1エーカー当たり173.7ブッシェル)でした。

米国産トウモロコシの生産量 (mmt)

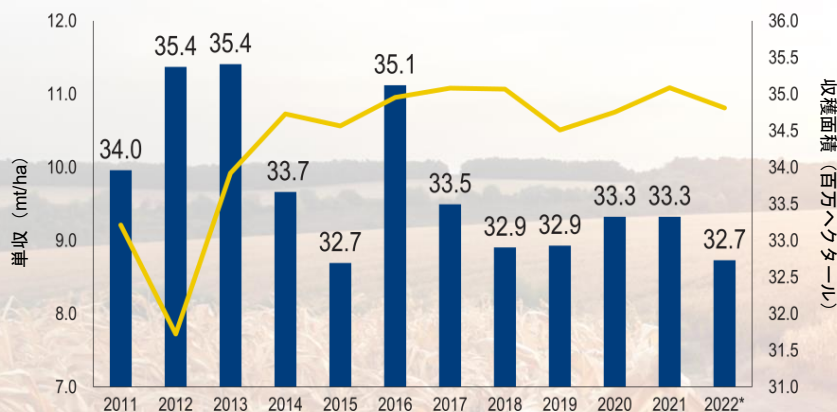


* 予測

出典: USDA NASS

米国産トウモロコシの単収と収穫面積

■ 収穫面積 (百万ヘクタール) ■ 単収 (mt/ha)



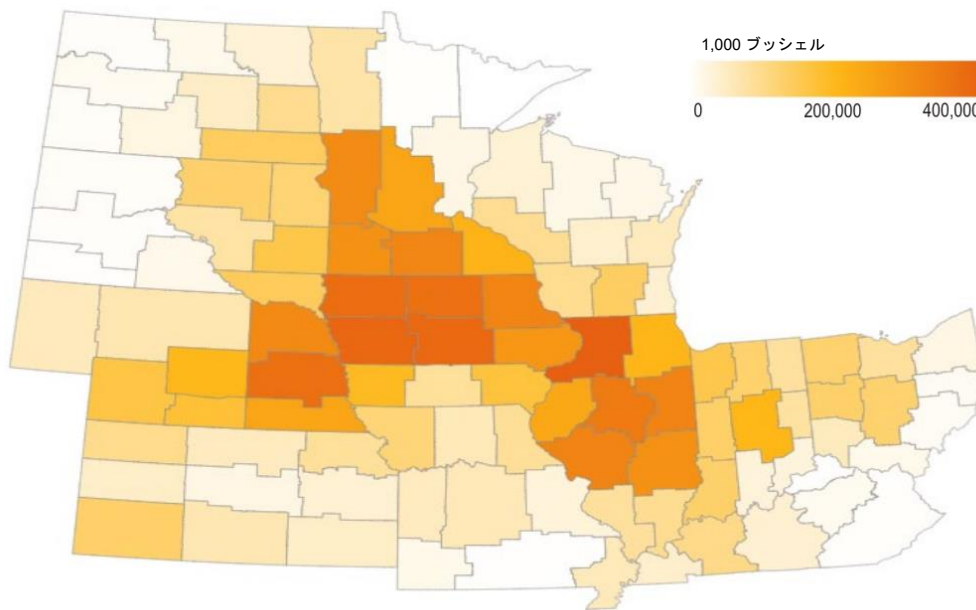
* 予測

出典: USDA NASS

ASD と州レベルの生産量

「2022/2023 年収穫時報告書」の対象地域には米国最大のトウモロコシ生産地域が含まれています。下の地図は USDA 農業統計地域 (ASD) の 2022 年トウモロコシ生産量予測を示しています。これらの州が米国産トウモロコシ輸出量の 90%超を占めています¹。

2022 年 ASD 別米国産トウモロコシ生産量予測



出典 : USDA NASS および Centrec の予測値

¹ 出典 : USDA NASS、USDA GIPSA および Centrec の予測値

州別米国産トウモロコシ生産量の図と表は各州の2021年生産量と2022年予測生産量との間の変化をまとめたものです。表には収穫面積と単収の相対変化も記載しています。緑色のバーは2022年の予測値を2021年と比較した場合の相対的な増加を、赤色のバーは相対的な減少を示しています。

12の主要トウモロコシ生産州のうち5州が2021年を大きく下回る（10%以上）生産量が見込まれています。ミネソタ、イリノイおよびノースダコタのみ2022年の生産量の前年度からの増加を予測しています。2022年の暑く乾いた天候により多くの地域で単収も低下すると見込まれるため、2021年との比較で1%を上回る単収の増加を見込むのもこれらの3州のみです。

州別米国産トウモロコシ生産量

州	2021	2022*	差異		相対変化 (%) †	
			MMT	パーセント	面積	単収
イリノイ	55.67	57.62	1.94	3.5%		
インディアナ	26.10	24.50	(1.60)	-6.1%		
アイオワ	64.51	63.88	(0.63)	-1.0%		
カンザス	19.07	15.04	(4.02)	-21.1%		
ケンタッキー	7.02	5.17	(1.85)	-26.4%		
ミネソタ	35.25	36.63	1.38	3.9%		
ミズーリ	13.85	12.52	(1.34)	-9.6%		
ネブラスカ	47.11	39.69	(7.42)	-15.8%		
ノースダコタ	9.68	9.81	0.13	1.3%		
オハイオ	16.37	14.74	(1.63)	-10.0%		
サウスダコタ	18.65	16.67	(1.98)	-10.6%		
ウイスコンシン	13.72	13.64	(0.08)	-0.6%		
米国計	382.89	353.84	(29.06)	-7.6%		

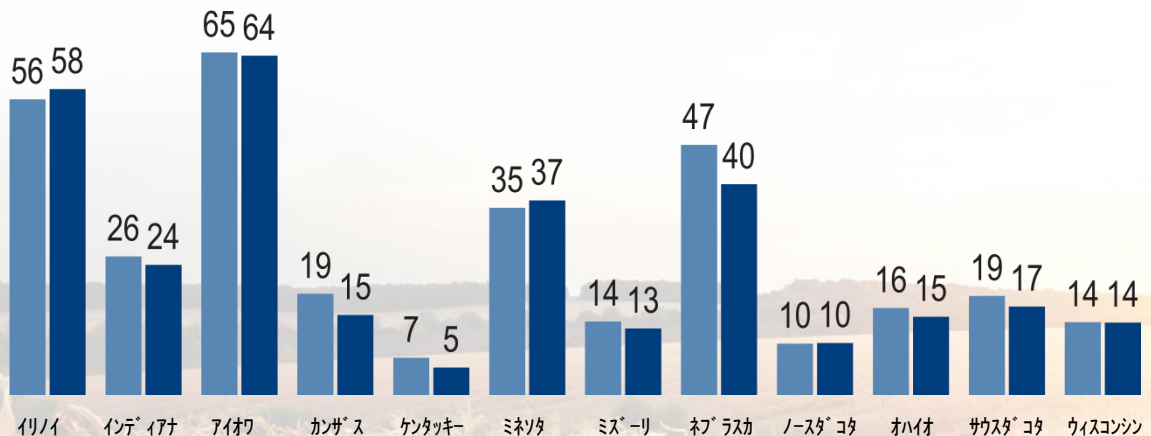
† 緑は前年からの増加、赤は前年からの減少を示し、バーの高さは相対的な増減量を表す。

* 予測

出典：USDA NASS

州別米国産トウモロコシ生産量 (mmt)

■ 2021 ■ 2022*



* 予測

出典：USDA NASS

B. 米国産トウモロコシの消費量および最終在庫量

食料、種子等、エタノール以外の産業用途向けの米国産トウモロコシ消費量は、過去4期の市場年度にわたり変わらず一定しています。

国内のエタノール生産に用いられるトウモロコシの量は最終製品であるガソリンの米国での消費量に大きく依存しています。コロナ禍による市場年度 19/20 および 20/21 が減少した後、市場年度 21/22 では、国内のエタノール生産に消費されるトウモロコシは 20/21 を 5.9%上回りました。

市場年度 21/22 では国内の家畜・家禽用飼料原材料としてのトウモロコシの直接消費量もまた増加し、市場年度 20/21 を 2.0%上回りました。国内でエタノール製造に消費されるトウモロコシが増加したにもかかわらず、米国産トウモロコシは記録上2番目の収穫量となったため、トウモロコシは他の飼料原材料よりも豊富な供給量となり競争力のある価格となりました。

ほぼ記録的と言える収穫量にもかかわらず、総国内消費量が増加したことで市場年度 21/22 の輸出用トウモロコシは減少しており、輸出されるトウモロコシは市場年度 20/21 との比較で 10.0%減少しました。

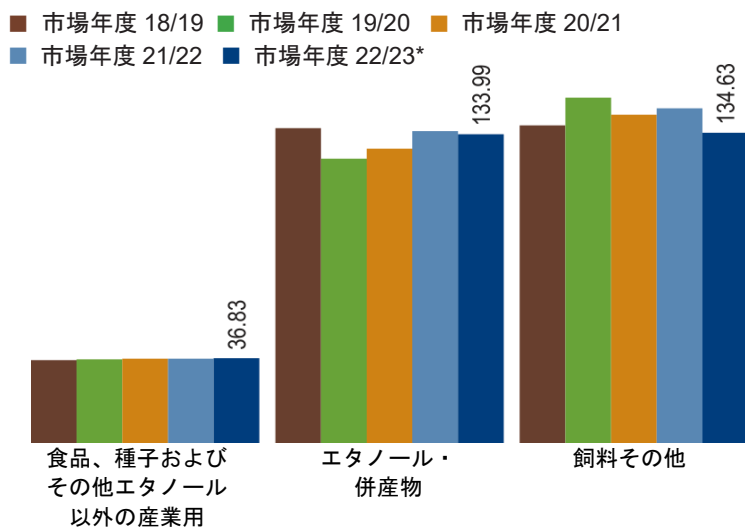
市場年度 21/22 では、前年度比で最終在庫は 11.5%増加しました。米国産トウモロコシの高い収穫量にも関わらず、総国内消費量の増加により最終在庫は依然市場年度 13/14 以来過去2番目に低いレベルにあります。

C. 見通し

米国の見通し

2022年米国産トウモロコシ収穫量は2906万メートルトン（11億4400万ブッシェル）と予測され、2021年の収穫量を下回ります（7.6%減）。市場年度 22/23 は、収穫量が減少し、消費量および輸出量のレベルも下がると予想されています。

市場年度別米国産トウモロコシ消費量 (mmt)



* 予測

出典：USDA WASDE およびERS

市場年度 22/23 エタノール用トウモロコシ予測消費量は市場年度 21/22 をわずかに下回りますが、コロナ禍にあった市場年度 19/20 および 20/21 のレベルを上回ります。エタノール用トウモロコシ消費量は、市場年度 21/22 では前年度から 5.9%増加したものの、市場年度 22/23 では 1.0%の減少が予測されています。

市場年度 22/23 の飼料およびその他の用途での国内トウモロコシ消費量は 1 億 3463 万メートルトンと見込まれています。この予想は市場年度 21/22 を 1059 万メートルトン下回り（7.3%減）、5YA（1 億 4201 万メートルトン）を 739 万メートルトン下回り（5.2%減）ます。

市場年度 22/23 の食品、種子およびエタノール以外の産業用途でのトウモロコシの消費量は概ね市場年度 21/22 から変化せず、過去 4 期の市場年度のパターンが継続することが見込まれています。

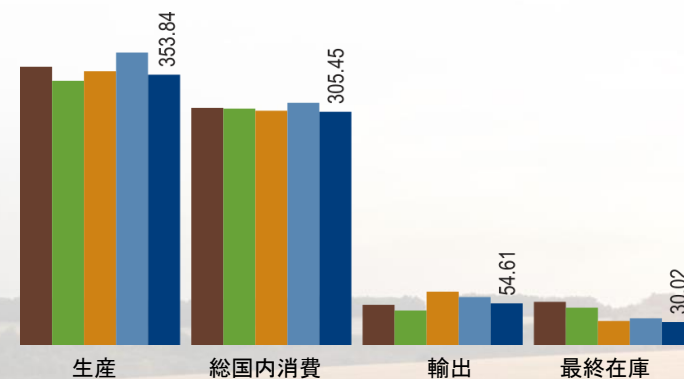
市場年度 22/23 の米国産トウモロコシ輸出量はトウモロコシ収穫量の減少が予想されることから減少すると予測されています。市場年度 22/23 の米国産トウモロコシ輸出量は 5461 万メートルトンと予測され、市場年度 21/22 を 816 万メートルトン（13.0%減）、5YA を 382 万メートルトン（6.5%減）下回ります。

米国最終在庫もまた予想されるトウモロコシ収穫量が減少することを考慮すると、市場年度 21/22 を下回ると予測されています。予測最終在庫は 3002 万メートルトンで、市場年度 21/22 を 496 万メートルトン下回ります（14.2%減）。これが現実になると、最終在庫が 2086 万メートルトンだった市場年度 12/13 以来最低レベルの最終在庫となります。

対消費在庫率に関しては、市場年度 22/23 は、8.3%と予測されています。これは過去 2 年の市場年度の率と一致していますが、対消費在庫率が 8.3%を最後に下回ったのは市場年度 12/13（7.4%）です。

米国産トウモロコシ生産量および消費量 (mmt)

■ 市場年度 18/19 ■ 市場年度 19/20 ■ 市場年度 20/21
■ 市場年度 21/22 ■ 市場年度 22/23*



* 予測

出典：USDA WASDE および ERS

世界の見通し²

世界の供給

市場年度 22/23 の世界のトウモロコシ生産量は 11 億 6839 万メートルトンと見込まれています。市場年度 21/22 から 4907 万メートルトン（4.0%）生産量が減少するのは主として米国およびウクライナの生産量の減少が予想されているためです。

さらに、市場年度 22/23 の世界の輸出トウモロコシは 1 億 8274 万メートルトンと見込まれ、市場年度 21/22 を 1909 万メートルトン（9.5%）下回ります。ブラジルおよびアルゼンチンからの輸出量の増加が予想されますが、こうした増加も米国およびウクライナからの輸出の減少を補うには至りません。

世界の需要

市場年度 22/23 には、世界のトウモロコシ消費量は市場年度 21/22 の 12 億 259 万メートルトンから 2.3%減少して、11 億 7530 万メートルトンになると見込まれています。市場年度 22/23 では、米国、欧州連合およびカナダの消費量はいずれも前年度を 100 万メートルトン以上下回ると予想されています。これに対し、ブラジルおよび中国のトウモロコシ消費量は昨年度を 100 万メートルトン以上上回ると予想されています。

カナダ、中国およびブラジルでは、対前年度比で 100 万メートルトン以上の輸入の減少が予想されています。対前年度比で輸入量が 100 万メートルトン以上増大することが予想される国はありません。

² USDA/Foreign Agricultural Service-Production, Supply and Distribution Database。データは 2022 年 11 月に取得した。

米国産トウモロコシ供給量および消費量の市場年度別まとめ

単位 (メートル)	18/19	19/20	20/21	21/22	22/23*
面積 (百万ヘクタール)					
作付	35.98	36.33	36.72	37.77	35.87
収穫	32.91	32.93	33.33	34.54	32.73
単収 (トン/ヘクタール)	11.07	10.51	10.75	11.09	10.81
供給量 (百万トン)					
期首在庫	54.37	56.41	48.76	31.36	34.98
生産量	364.26	345.96	358.45	382.90	353.84
輸入量	0.71	1.06	0.62	0.62	1.27
総供給量	419.34	403.44	407.82	414.87	390.08
消費量 (百万トン)					
食品、種子、その他エタノール以外の産業用	35.93	36.31	36.55	36.61	36.83
エタノール・併産物	136.61	123.37	127.71	135.29	133.99
飼料その他	137.85	149.83	142.43	145.21	134.63
輸出量	52.54	45.18	69.78	62.78	54.61
総消費量	362.93	354.68	376.46	379.89	360.06
最終在庫	56.41	48.76	31.36	34.98	30.02
平均農家出荷価格 (ドル/トン**)	142.12	140.15	178.34	236.21	267.70

英国単位	18/19	19/20	20/21	21/22	22/23*
面積 (百万エーカー)					
作付	88.9	89.7	90.7	93.3	88.6
収穫	81.3	81.3	82.3	85.3	80.8
単収 (ブッシェル/エーカー)	176.4	167.5	171.4	176.7	172.3
供給量 (百万ブッシェル)					
期首在庫	2,140	2,221	1,919	1,235	1,377
生産量	14,340	13,620	14,111	15,074	13,930
輸入量	28	42	24	24	50
総供給量	16,509	15,883	16,055	16,333	15,357
消費量 (百万ブッシェル)					
食品、種子、その他エタノール以外の産業用	1,415	1,429	1,439	1,441	1,450
エタノール・併産物	5,378	4,857	5,028	5,326	5,275
飼料その他	5,427	5,899	5,607	5,717	5,300
輸出量	2,068	1,778	2,747	2,471	2,150
総消費量	14,288	13,963	14,821	14,956	14,175
最終在庫	2,221	1,919	1,235	1,377	1,182
平均農家出荷価格 (ドル/ブッシェル**)	3.61	3.56	4.53	6.00	6.80

* 予測値

** 農家出荷価格は出荷量に基づく加重平均値である。

WASDE の 11 月予測に基づく 22/23* 平均農家出荷価格

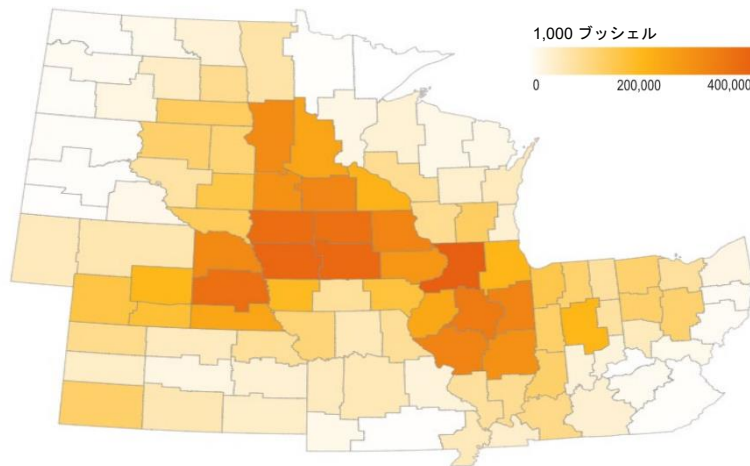
出典 : USDA WASDE および ERS

A. 概要

本「2022/2023 年収穫時報告書」の調査デザインとサンプリングおよび統計分析の要点は以下のとおりです。

- 過去 11 年の収穫時報告書のために開発した方法に沿って、米国産トウモロコシ輸出量の 90% 超を占める 12 の主要トウモロコシ生産州を対象とし、農業統計地域 (ASD) に従ってサンプルを層別比例配分した。
- 12 州から採取した合計 600 のサンプルを対象とし、信頼度 95.0% での米国集計の品質ファクター予測で最大 10.0% の相対許容誤差を達成することを目指した。

2022 年 ASD 別米国産トウモロコシ生産量予測



出典：USDA NASS および Centrec の予測値

- ブレンドされていない合計 600 のトウモロコシのサンプルを入手し、報告するために試験した。これらのサンプルは、2022 年 8 月 25 日から 11 月 17 日の間に地域のエレベーター業者によって農家からトラックで搬入されたトウモロコシから抜き出した。
- 他の品質ファクターについては、試験対象 12 州の ASD すべてに対し、マイコトキシン試験に層別比例配分サンプリング法を用いた。このサンプリングの結果、180 のサンプルをアフラトキシン、デオキシニバレノール、フモニシン、オクラトキシン A、T-2 およびゼアラレノン試験に採用した。
- 層別比例配分サンプリングのための標準的な統計手法を用いて、米国集計と 3 つの輸出拠点地域 (ECA) の加重平均値および標準偏差を計算した。
- サンプルの統計的妥当性を評価するため、米国集計と 3 つの ECA のレベルで各品質ファクターの相対許容誤差を計算した。いずれの品質ファクターについても、相対許容誤差は米国集計の 10.0% を上回ることはなかった。一方、米国北西部 ECA の総損傷の相対許容誤差は 12.4% であった。この精度レベルは望ましいレベルより低いものの、推算を無効にするものではない。
- 本年の品質ファクターの平均値と、過去 2 年間の報告書、5YA および 10YA の品質ファクターの平均値の統計的差異を求めるために、信頼度 95.0% で両側 t 検定を実施した。

B. 調査設計とサンプリング

調査設計

本「2022/2023 年収穫時報告書」では、米国産トウモロコシ輸出量の 90%超を占める米国の 12 の主要生産州のイエローコーンを目標母集団としています¹。流通経路の最初の段階で米国産トウモロコシの統計的サンプリングを正しく確実に実施するために、**層別比例無作為抽出法**を採用しました。この手法の重要な 3 つの特徴はサンプリング対象の母集団の**階層化**、層別の**サンプリング比**、および**無作為試料**の抽出手順です。

階層化では調査対象母集団を地域、すなわち階層（ストラータ）と呼ばれる重複のない部分母集団に分割します。今回の試験では、調査母集団はトウモロコシを海外市場に輸出する可能性の高い地域で生産されたトウモロコシです。米国農務省（USDA）は各州をいくつかの農業統計地域（ASD）に分割し、ASD 別のトウモロコシ生産予測を行っています。海外輸出予測を伴う USDA のトウモロコシ生産データは、12 の主要トウモロコシ生産州の調査対象母集団を定義する目的で用いています。ASD は部分母集団、すなわち今回のトウモロコシ品質調査に用いられる階層です。当協会ではこうしたデータから、各 ASD の総生産量および海外輸出量に占める割合を計算して**サンプリング比**（ASD ごとのサンプル総数に占める割合（パーセント））を求め、最終的に各 ASD から採取すべきトウモロコシサンプルの数を決定しました。ASD それぞれに予測される生産量や海外輸出レベルの割合が異なるため、「2022/2023 年収穫時報告書」のために採取するサンプルの数は ASD ごとに異なるものになりました。

採取サンプルの数は、当協会が一定レベルの正確度で種々の品質ファクターの真の平均値を推算できるように決定しました。「2022/2023 年収穫時報告書」のために採用した正確度は相対許容誤差（ME）が 10.0%以内で、信頼度は 95.0%で推算されます。

目標とする相対許容誤差を満たすことのできるサンプル数を決定するために、理想を言えば品質ファクターそれぞれについて母分散（すなわちトウモロコシ収穫時の品質ファクターのばらつき）を用います。品質ファクターのレベルや数値にばらつきが大きいほど、定めた信頼限界での真の平均値を推算するために多くのサンプルが必要となります。これに加えて、多くの場合品質ファクターの分散はそれぞれに異なります。したがって、各品質ファクターについて同じレベルの精度を得ようとする、異なる数のサンプルが必要となります。

¹ 出典：USDA NASS、USDA GIPSA および Centrec の予測値

今年度のトウモロコシの評価に用いられる 16 の品質ファクターの母分散は未知であるため、「2021/2022 年収穫時報告書」からの分散推計値を代用しました。2021 年の 610 サンプルの結果を用いて、13 の品質ファクターについて相対許容誤差を 10.0%以下にするのに必要なばらつきと、最終的にはサンプル推定数を計算しました。破損粒、異物、熱損傷は試験対象外としました。これらのデータに基づき、サンプル数が最低 600 あれば当協会は米国集計について望ましいレベルの正確度で品質特性の真の平均値を推算できると考えました。

2021 年の米国集計でのストレスクラックの相対許容誤差は 10.0%以内でしたが、過去 11 年の報告書のうち 3 年の報告書でこの品質ファクターの相対許容誤差は 10.0%をわずかに上回りました。2021 年報告書のサンプル数とこの品質ファクターのばらつきの予測が不可能であることを考慮すると、米国集計ではストレスクラックの目標正確度を達成できない可能性があります。しかし、過去の報告書でストレスクラックの相対許容誤差が 12%を超えたことは一度もありませんでした。

等級、水分含量、化学的特性および物理的特性を試験したトウモロコシのサンプルと同じ層別比例サンプリング手法を適用してトウモロコシサンプルのマイコトキシン試験を行いました。同じサンプリング手法を用いることに加えて、95.0%の信頼度で推定した相対許容誤差が 10.0%以下という同じ精度レベルが望まれました。

最低サンプル数（600）の 25%以上を試験することによって、そのレベルの精度を得ることができると推測されました。言い換えれば、150 個以上のサンプルを試験すると、試験したサンプルのうち FDA のアフラトキシン規制レベル（20.0 ppb）を下回るサンプルの割合、FDA のデオキシニバレノール勧告レベル（5.0 ppm）を下回る割合の相対許容誤差が 10.0%以下であることが信頼度 95.0%で示されることとなります。フモニシン、オクラトキシン A、T-2 およびゼアラレノンについては、今年度の報告書では目標とする正確度を設定していません。層別比例サンプリング手法ではサンプリング対象地域の ASD それぞれから少なくとも 1 サンプルを試験しなければなりません。最低サンプル数（600）の 25%を試験し、各 ASD のサンプルを最低でも 1 サンプル試験するというサンプリング基準を満たすため、マイコトキシン試験の目標サンプル数は 180 となりました。

「2019/2020 年収穫時報告書」で初めてのこととして、マイコトキシン試験を行ったサンプルに限定して硬胚乳試験を実施しました。この試験プロトコルは、「2020/2021 年収穫時報告書」における百粒重、穀物容積および真の穀粒密度試験にも適用しました。これらの品質ファクターの相対許容誤差は「2020/2021 年収穫時報告書」より前の 10 年間の報告書の試験サンプルで 0.6%を超えたことがなく、目標最大精度である 10.0%を大きく下回っていました。したがって、硬胚乳試験、百粒重試験、穀粒容積試験および真の穀粒密度試験を実施するサンプル数を減らしても、これらの品質ファクターの推定値は目標最大レベルである 10.0%を優に下回る精度を維持すると考えられます。

当初 8 年の「収穫時報告書」では、ストレスクラック比率に加えてストレスクラック指標も報告してストレスクラックの深刻度がわかるようにしていました。ストレスクラック指標は以下の数式を用いて求めることができます。

$$[\text{SSC} \times 1] + [\text{DSC} \times 3] + [\text{MSC} \times 5]$$

ここで、

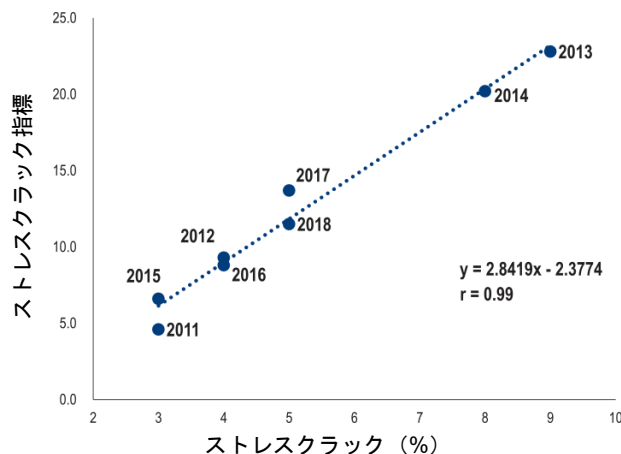
SSC は亀裂が 1 本だけの粒の割合 (%)

DSC は亀裂が 2 本の粒の割合 (%)

MSC は亀裂が 3 本以上の粒の割合 (%)

当初 8 年の「収穫時報告書」での米国集計のストレスクラック比率とストレスクラック指標を右の散布図に示します。ストレスクラック比率との強い相関関係 ($r = 0.99$) を考慮すると、ストレスクラック指標を追加する価値は限られているため、「2018/2019 年収穫時報告書」を最後にストレスクラック指標は報告しないことに決定しました。

ストレスクラック指標とストレスクラック (%) の相関
8 年間の米国集計



サンプリング

無作為抽出のプロセスは、電子メールおよび電話を使用して 12 州の地域穀物エレベーターに依頼することから始まりました。要求した 2050~2250 グラムのサンプル用トウモロコシを提供することに同意したエレベーター宛に、返送料金前払いのサンプリングキットを郵送しました。エレベーター業者には、生産者から受け取った古いトウモロコシがサンプルに含まれることを防ぐため、新しいトウモロコシのために保管サイロを清掃するよう依頼しました。個々のサンプルは、圃場から到着したトラックがエレベーターの通常の試験手続を受ける際に抽出しました。各エレベーターがこの調査用として提出するサンプルの数は、サンプル提出を快諾してくれたエレベーターの数と当該 ASD で必要とされるサンプルの目標総数に合わせて決定しました。参加エレベーター業者に郵送したサンプリングキットにはそれぞれ、最大 4 サンプルを採取することのできるバッグが含まれ、採取サンプルに地理的な多様性を持たせました。総数 600 のブレンドされていないトウモロコシのサンプルは、農場からトラックで地域のエレベーターに搬入され、そこから採取・提出され検査に供されました。参加したエレベーターは、各サンプルバッグ上に採取日を記載することで、こうしたサンプルが 2022 年 8 月 25 日から 11 月 17 日の間に農場からの搬入トラックから採取されたものであることを明記しました。

C. 統計分析

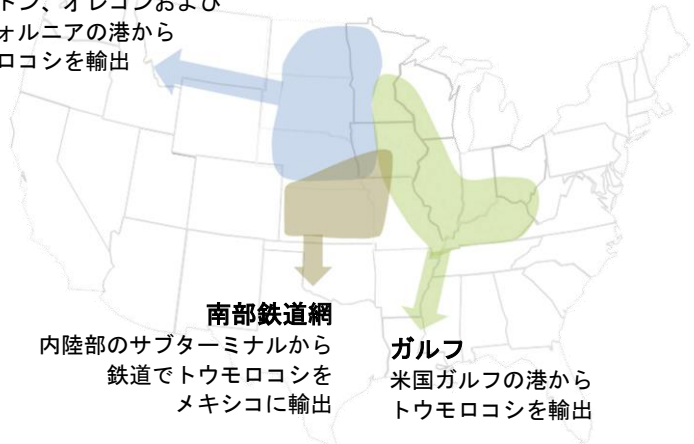
等級ファクター、水分含量、化学組成および物理的ファクターに関するサンプルの試験結果を米国集計として、また以下に示す3つの複合地域によるグループごとにまとめました。これらのグループは3つの主要輸出拠点地域（ECA）それぞれにトウモロコシを供給する地域です。

サンプル試験結果の分析にあたって、当協会は**加重平均値**および**標準偏差**を含め、層別比例サンプリング用の標準的な統計手法に従いました。米国集計の加重平均値および標準偏差に加え、複合地域 ECA それぞれの加重平均値および標準偏差も推計しました。利用できる輸送手段の関係で、これら ECA に輸出用トウモロコシを輸送する地域が重複しています。そのため、各 ECA の複合統計値は各 ECA へと移動するトウモロコシの推定比率に基づいて算定しました。結果として、トウモロコシのサンプルが複数の ECA の値に算入される可能性があります。こうした推計作業は業界の情報、輸出データおよび米国内のトウモロコシの流通についての研究評価に基づいて実施しました。

輸出拠点地域（ECA）

米国北西部

ワシントン、オレゴンおよびカリフォルニアの港からトウモロコシを輸出



南部鉄道網

内陸部のサブターミナルから鉄道でトウモロコシをメキシコに輸出

ガルフ

米国ガルフの港からトウモロコシを輸出

「2022/2023 年収穫時報告書」には過去5年の「収穫時報告書」（2017/2018年、2018/2019年、2019/2020年、2020/2021年および2021/2022年）の品質ファクター平均値の単純平均値および標準偏差が含まれています。これらの単純平均値は米国集計と3ECA地域それぞれについて求めたもので、本報告書の本文および要約の表では「5YA」と表示しています。本報告書を通して「10YA」にも言及しています。10YAは、「2012/2013年収穫時報告書」から本「2021/2022年収穫時報告書」までの品質ファクターの平均値の単純平均値を表します。

相対誤差範囲（ME）は米国集計と各 ECA の品質ファクターごとに計算しました。米国集計では相対許容誤差が10.0%を超える品質ファクター推定値はありませんでした。一方、米国北西部 ECA の総損傷の相対許容誤差は12.4%でした。これらの精度レベルは望ましいレベルより低いものの、推算を無効にするものではありません。集計表の脚注に、この品質ファクターの相対許容誤差が10.0%を超えている項目を記載しています。

「品質試験結果」セクションにある、本年の品質ファクターの平均値と過去2年間の報告書、5YA および 10YA の品質ファクターの平均値の信頼度 95.0%での統計的差異（有意差）への言及の妥当性を両側 t 検定で確認しました。本年の品質ファクターの平均値と過去2年間の報告書、5YA および 10YA の品質ファクターの平均値間の差異は、信頼度 95.0%で統計的に有意でない限り、「ほぼ同じ」と表現します。

² 報告した硬胚乳、百粒重、穀粒容積および真の穀粒密度の標準偏差は、試験を実施したサンプル数が少ないため加重平均していない。

「2022/2023 年収穫時報告書」で使用したサンプル（各約 2200 グラム）は地域の穀物エレベーターからイリノイ州シャンペーンのイリノイ州穀物改良協会の分別流通管理穀物研究所（IPG ラボ）に直接届けられました。水分含量が 16.0%を超えるサンプルは試験期間内に劣化することを避けるために、到着時すぐに必要に応じて適切な水分含量になるまで周囲温度で乾燥させました。選択したサンプルは、ストレスクラックや熱損傷を防ぐために周囲温度による乾燥法で乾燥させました。次に、サンプルは Boerner のディバイダーを用いて約 1100 グラムのサブサンプルに 2 分割しましたが、この時、トウモロコシのサンプルの特性が両サブサンプル間で均等に配分されるよう分割しました。片方のサブサンプルは等級付けのためにイリノイ州アーバナのシャンペン-ダンビル穀物検査所（CDGI）に送付しました。CDGI は USDA の連邦穀物検査局（FGIS）の指定を受けたイリノイ州中部-東部担当の公的な穀物検査サービス機関です。等級試験の手順は FGIS が発行している「穀物検査ハンドブック」に従ったもので、次のセクションで説明しています。残りのサブサンプルは、業界の基準または長年実践され十分に確立された方法に従って、IPG ラボで化学組成およびその他の物理的ファクターの分析に用いました。IPG ラボは多くの試験に適用される国際規格 ISO/IEC 17025:2017 の認証を受けています。この認証の全容については <http://www.ilcrop.com/labservices> を参照してください。

A. 等級ファクター

容積重

容積重はウィンチェスター・ブッシェル（2150.42 立方インチ）を満たすために必要とされる穀物の量を示す単位です。容積重はトウモロコシの等級基準のための FGIS 公式米国規格の一部です。

この試験では、あらかじめ容積がわかっている試験用のカップに、その上方の一定の高さに設置された漏斗を通してトウモロコシがテストカップの両側からあふれ始める時点まで注ぎます。ストライクオフ・スティックと呼ばれる「すりきりへら」でテストカップのトウモロコシを平らにし、カップの中に残ったトウモロコシの重量を測定します。その後、この重量を伝統的な米国の単位である 1 ブッシェル当たりのポンド重量（lb/bu）の値に変換し、報告に用います。

破損粒&異物（BCFM）

破損粒&異物（BCFM）は FGIS 米国公式穀物規格の一部であり、等級付け基準のひとつです。

この BCFM 試験では目開き 12/64 インチのふるいを通過するすべての物質、およびこのふるいの表面に残るトウモロコシ以外のすべての物質の量を計測します。BCFM の計測では破損粒と異物を区分することができます。目開き 12/64 インチのふるいを通過し、目開き 6/64 インチのふるいの表面に残るすべての物質を破損粒と定義します。目開き 6/64 インチのふるいを通過する物質と目開き 12/64 インチのふるいの表面に残るトウモロコシ以外の粗い物質はすべて異物と定義します。BCFM は当初サンプルに占める割合を重量比（パーセント）で報告します。

総損傷/熱損傷

総損傷は穀物等級基準のための FGIS 米国公式規格の一部です。

損傷粒を調べるため、訓練を受けライセンスを有する試験担当官が BCFM の存在しないトウモロコシの代表的なサンプル 250 グラムを対象に目視検査を実施します。損傷の種類にはブルーアイモールド、コプロット、乾燥機による損傷粒（熱損傷粒とは異なる）、胚芽損傷粒、熱損傷粒、害虫損傷粒、カビ損傷粒、カビ様物質、絹糸切断粒、表面カビ（葉枯れ病）、カビ（pink *Epicoccum*）、芽損傷粒などがあります。総損傷はサンプルの総損傷粒の重量比（パーセント）で報告します。

熱損傷は総損傷のひとつの要素で、熱損傷粒には熱による明らかな変色および損傷のある穀粒やそのかけらが含まれます。熱損傷粒は訓練を受けライセンスを有する試験担当官が BCFM の存在しないトウモロコシのサンプル 250 グラムを対象として目視検査を実施して確定します。熱損傷が発見された場合には、総損傷とは別に報告します。

B. 水分含量

トウモロコシがエレベーターに到着した時点で電子水分計に記録された水分含量が報告されます。電子水分計は水分含量に応じて変化する誘電率と呼ばれる穀物の電気特性を検知します。水分含量が多くなるに従って誘電率が上昇します。水分含量は総水分重量比として報告されます。

C. 化学組成

近赤外透過分光法（NIR）近似分析

トウモロコシの化学組成（タンパク質、油分およびデンプン含量）は近赤外透過型分析計（NIR）を用いて計測します。NIR はそれぞれのサンプルに対する個別の光の波長の特異な相互作用を利用するものです。サンプルに含まれるタンパク質、油分およびデンプンの含量を予測するために、従来からある化学的方法に適合するよう校正します。これはトウモロコシを破壊しない分析方法です。

タンパク質、油分およびデンプンの化学組成試験は、全粒用 Foss Infratec 1241 近赤外透過測定器（NIR）により 550~600 グラムのサンプルを用いて実施しました。NIR は化学試験に適合するよう校正し、タンパク質、油分およびデンプンの予測標準誤差はそれぞれ約 0.22%、0.26% および 0.65% でした。21 箇所のラボで試験されたサンプルについて、2016 年より前の「収穫時報告書」に用いられた Foss Infratec 1229 と Foss Infratec 1241 とを比較して、これらの測定器によりタンパク質、油分およびデンプンそれぞれにつき 0.25%、0.26% および 0.25% 以内の平均値が得られることを示しました。結果は乾物ベース（無水物質のパーセント）で報告します。

D. 物理的ファクター

百粒重、穀粒容積および真の穀粒密度

百粒重は、1群百粒の2反復群を対象とし、0.1 mg 単位の値まで測定する化学天秤を用いて平均重量を求めます。平均百粒重はグラムで報告します。

各百粒反復群の穀粒容積はヘリウム比重瓶を用いて計測し、穀粒当たりの体積を立方センチメートル (cm³) で表します。1穀粒当たりの容積は通常 0.14~0.36 cm³ の範囲にあり、前者は小型トウモロコシ粒、後者は大型トウモロコシ粒となります。

各百粒サンプルの真の密度は、外観が完全なトウモロコシ百粒の質量（または重量）を同じ百粒の体積（押しのか容積）で除して求めます。2反復群のそれぞれの結果の平均をとります。真の密度は1立方センチメートル当たりのグラム数 (g/cm³) で報告します。トウモロコシ粒の真の密度は、水分含量がおおよそ 12~15%の「無加工の状態」で、通常 1.20~1.30 g/cm³ です。

ストレスクラック分析

ストレスクラック率は亀裂が際立って見えるよう、バックライトの付いた観察板の上で評価します。外観に損傷のない無傷のトウモロコシ百粒を1サンプルとして、その1粒1粒を調べます。光は硬胚乳を通過するため、各トウモロコシ粒のストレスクラックの損傷度を評価することができます。穀粒は (1) 亀裂なしまたは (2) 1本以上の亀裂ありの2つのカテゴリーに分類されます。パーセント比率で表されるストレスクラックの値は、亀裂が1本以上あるすべてのトウモロコシ粒を百粒で除して求めます。ストレスクラックの値が高いと取扱い時に破損しやすいため、どのような場合でも低い値ほど良いということになります。使用目的に応じて容認できる亀裂のレベルを契約で指定するエンドユーザーもいます。

完全粒

完全粒試験では、50 g のクリーンな（すなわち BCFM が含まれていない）トウモロコシを1粒ずつ調べます。亀裂、破損または欠けのある粒だけでなく、種皮の損傷が顕著な粒も取り除きます。残った完全粒の重量を測定し、結果を当初 50 g のサンプルに占める割合（パーセント）で示します。同じ試験を実施し、「亀裂&破損」率として報告する企業もあります。完全粒の値が 97.0% というのは亀裂&破損率 3.0% に相当します。

硬胚乳

硬胚乳試験ではバックライトの付いた観察台の上に胚芽を上向きに配置し、外観上健全なトウモロコシ 20 粒を目視で等級付けします。各粒の等級の基礎となるのは全胚乳中推定される硬胚乳の割合です。軟胚乳は不透明で光を遮断しますが、硬胚乳は半透明です。穀粒の先端部の軟胚乳がどの程度胚芽の方に向かって伸びているかを見極め、標準ガイドラインに照らし合わせて格付けを行います。健全な外観の 20 粒の平均硬胚乳等級を報告します。70~100%の範囲で硬胚乳の等級を定めますが、大半のトウモロコシ粒は 70~90%の範囲に入ります。

E. マイコトキシン試験

トウモロコシのマイコトキシンの検出方法は複雑です。多くの場合、マイコトキシンを産生する菌は圃場単位または地域単位で均一に広がるわけではありません。そのため、仮にトウモロコシにマイコトキシンが存在していても、その検出はトウモロコシのロット別のマイコトキシン含量・分布に決定的に左右されることとなります。このロットはトラック輸送の場合のロット、保管時のロットまたは鉄道貨物としてのロットを問いません。

トウモロコシの輸出には正確な結果が不可欠であるため、FGIS のサンプリング手順はマイコトキシンの真の含量の過小評価や過大評価を最小限に抑えることを目的としています。ただし「2022/2023 年収穫時報告書」のマイコトキシン評価の目的は、輸出用トウモロコシのマイコトキシンの個別レベルを特定することではなく、現時点のトウモロコシのマイコトキシン発生頻度を報告することに尽きます。

「2022/2023 年収穫時報告書」用としてアフラトキシン、デオキシニバレノールおよびフモニシンの発生頻度を報告するため、IPG ラボで FGIS プロトコルや承認された試験キットを用いてマイコトキシン試験を実施しました。FGIS のプロトコルでは、トラック上のトウモロコシから 908 グラム（2 ポンド）以上のサンプルを採取してアフラトキシン試験用に、約 200 グラムのサンプルをデオキシニバレノール試験用に、約 908 グラム（2 ポンド）のサンプルをフモニシン試験用に粉砕することが求められています。今回の試験ではアフラトキシン分析用として、穂軸からはずしたトウモロコシ粒 2 キログラムの調査サンプルを 1000 グラムの試験サンプルに小分けしました。この 1 キログラムのサンプルを Romer Model 2A ミルを用いて、その 60~75%が 20 番のメッシュスクリーンを通過するようになるまで粉砕しました。このサンプルをよく混合して各マイコトキシンの試験用としてそれぞれ 50 g を取り分けました。アフラトキシン分析用として EnviroLogix AQ 309 BG、デオキシニバレノール分析用として AQ 304 BG、フモニシン分析用として AQ 411 BG の定量試験キットを使用しました。デオキシニバレノールおよびフモニシンの抽出には水（5:1）を、アフラトキシンの抽出には緩衝用水（3:1）を用いました。抽出物は EnviroLogix QuickTox 側方流動ストリップを用いて試験し、マイコトキシンの定量化には QuickScan システムを用いました。

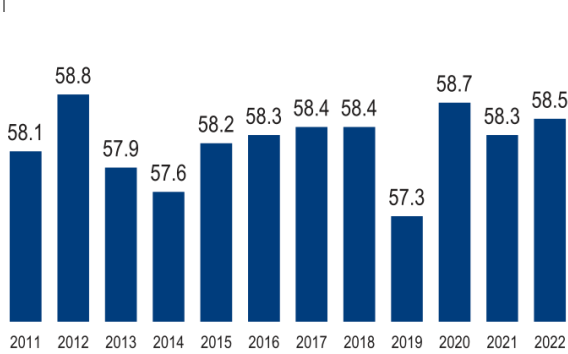
EnviroLogix 定量化試験キットは、マイコトキシン含量が「検出限界」と呼ばれる特定のレベルを超えた場合にその個別の含量を知らせるものです。検出限界は分析上の空白（マイコトキシンが存在しない）を測定する方法とは統計的に異なる分析方法を用いて測定することのできる最低含量と定義されます。マイコトキシンの種類、テストキット、コモディティの組み合わせが異なれば、この検出限界も変化します。EnviroLogix AQ 309 BG のアフラトキシン検出限界値は 2.7 ppb です。EnviroLogix AQ 304 BG を用いるデオキシニバレノールの検出限界値は 0.1 ppm です。フモニシンの試験に用いられる EnviroLogix AQ 411 BG の検出限界値は 0.1 ppm です。EnviroLogix AQ 309 BG、AQ 304 BG および AQ 411 BG それぞれのキットを用いたアフラトキシン、デオキシニバレノール、フモニシンの各定量化については、FGIS から性能書が発行されます。

「2020/2021 収穫時報告書」から開始した、オクラトキシン A、T-2 およびゼアラレノンが分析対象のマイコトキシンのリストに追加され、アフラトキシン、デオキシニバレノールおよびフモニシンの試験結果によってもたらされた情報を補足しています。追加されたこれらの3つのマイコトキシンの試験は本年の「収穫時報告書」でも継続して行われました。EnviroLogix AQ 113 BG、AQ 314 BG および AQ 412 BG 定量化試験キットは、それぞれオクラトキシン A、T-2 およびゼアラレノンに用いました。オクラトキシン A の試験に用いた EnviroLogix AQ 113 BG 定量化試験キットの検出限界値は 1.5 ppb です。オクラトキシン A は穀物バッファー（1 グラム当たり 5 ml）を用いて抽出しました。T-2 の試験に用いた AQ 314 BG 定量化試験キットの検出限界値は 50 ppb です。T-2 は水（1 グラム当たり 5 ml）を用いて抽出しました。ゼアラレノンの試験に用いた EnviroLogix AQ 412 BG 定量化試験キットの検出限界値は 50 ppb です。ゼアラレノンの試験には、試験に用いるトウモロコシのうち 25 グラムを用います。ゼアラレノンは、EB17 抽出試薬パウダーとサンプル当たり 75 ml の水バッファーを用いて抽出しました。

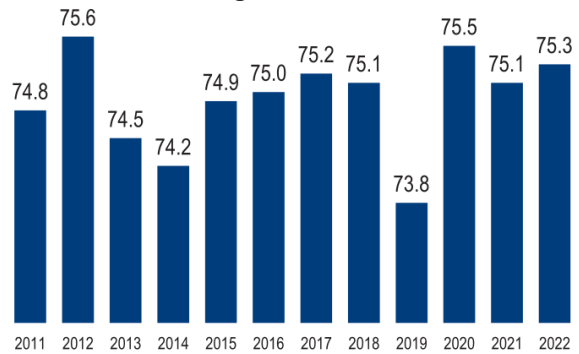
A. 等級ファクターと水分含量

2011年以降、アメリカ穀物協会の「収穫時品質報告書」は、世界中の流通経路に投入される各米国産トウモロコシの品質に関する明確で、簡潔、かつ一貫性のある情報を提供しています。この品質報告書シリーズでは、全対象期間を通し識見豊かな比較ができるよう、首尾一貫した透明性のある方法を用いています。次に示す図表では、全報告書から抜粋した、試験対象の各品質ファクターの米国集計平均値を示し、今期の結果と過去の履歴とを照らし合わせるようにしています。

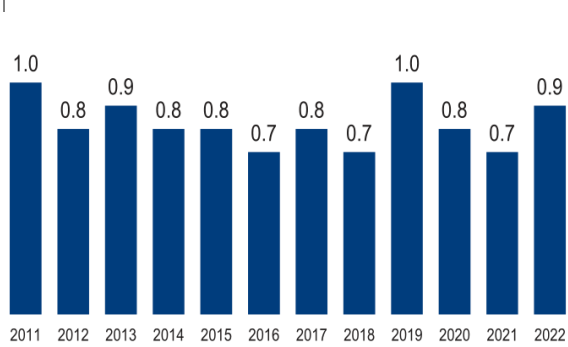
作物年度別容積重 (lb/bu)



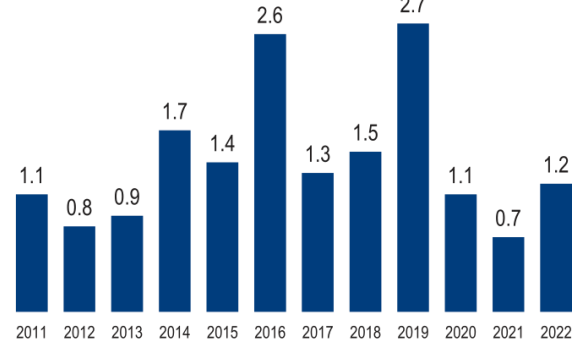
作物年度別容積重 (kg/hl)



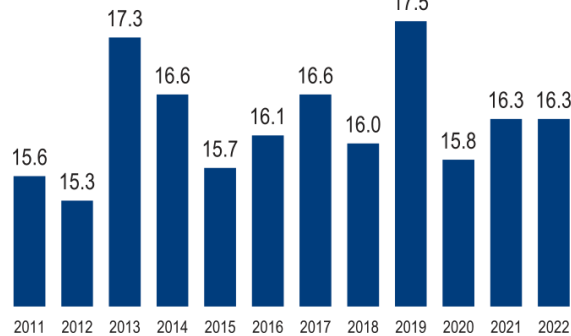
作物年度別 BCFM (%)



作物年度別総損傷 (%)

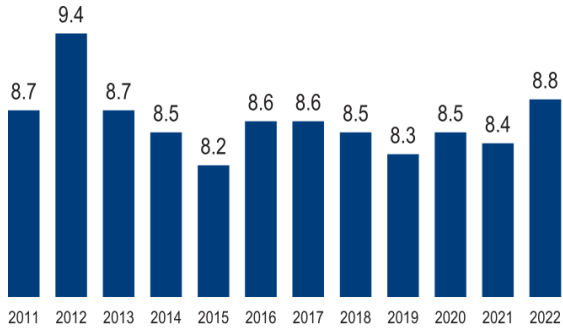


作物年度別水分含量 (%)

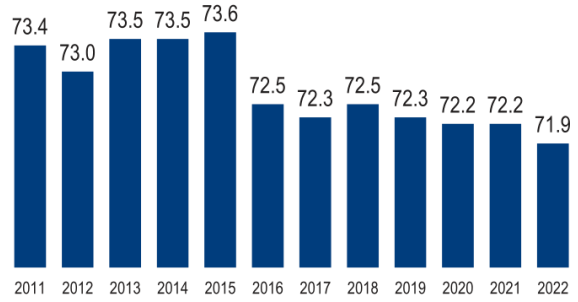


B. 化学組成

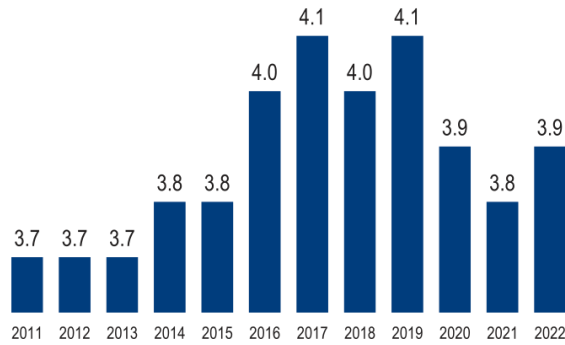
作物年度別タンパク質（乾物ベース%）



作物年度別デンプン（乾物ベース%）

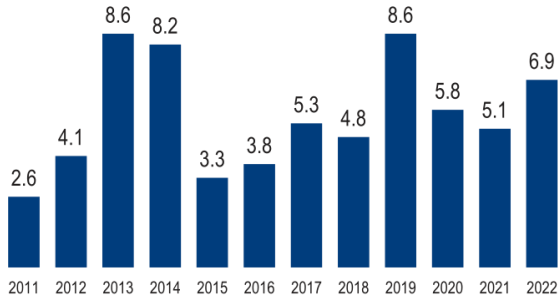


作物年度別油分（乾物ベース%）

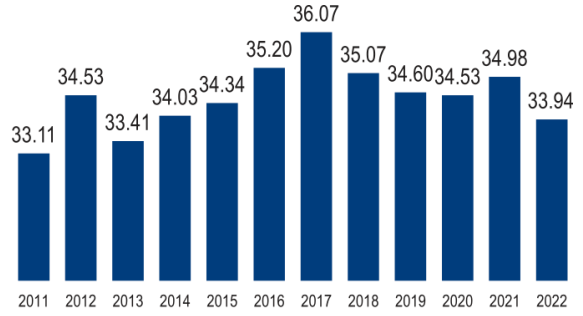


C. 物理的ファクター

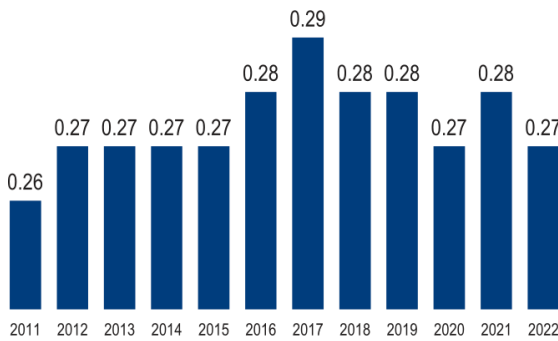
作物年度別ストレスクラック (%)



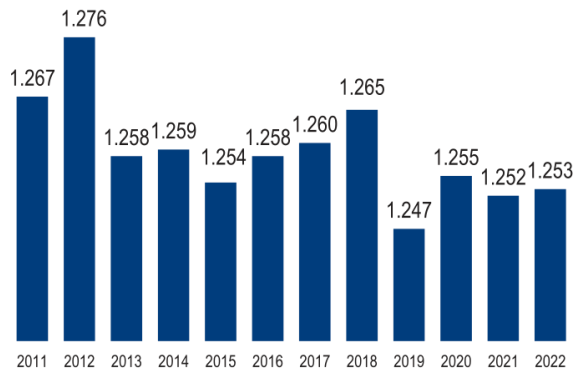
作物年度別百粒重 (g)



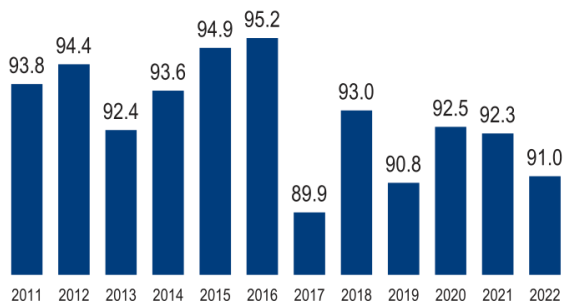
作物年度別穀粒容積 (cm³)



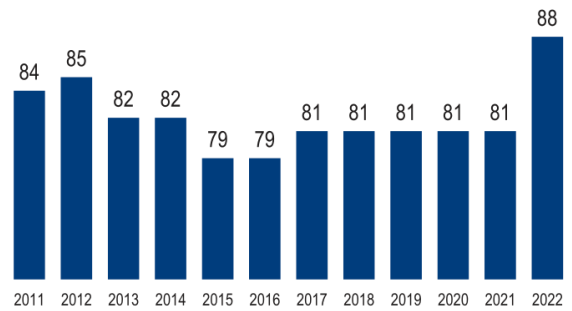
作物年度別真の密度 (g/cm³)



作物年度別完全粒 (%)



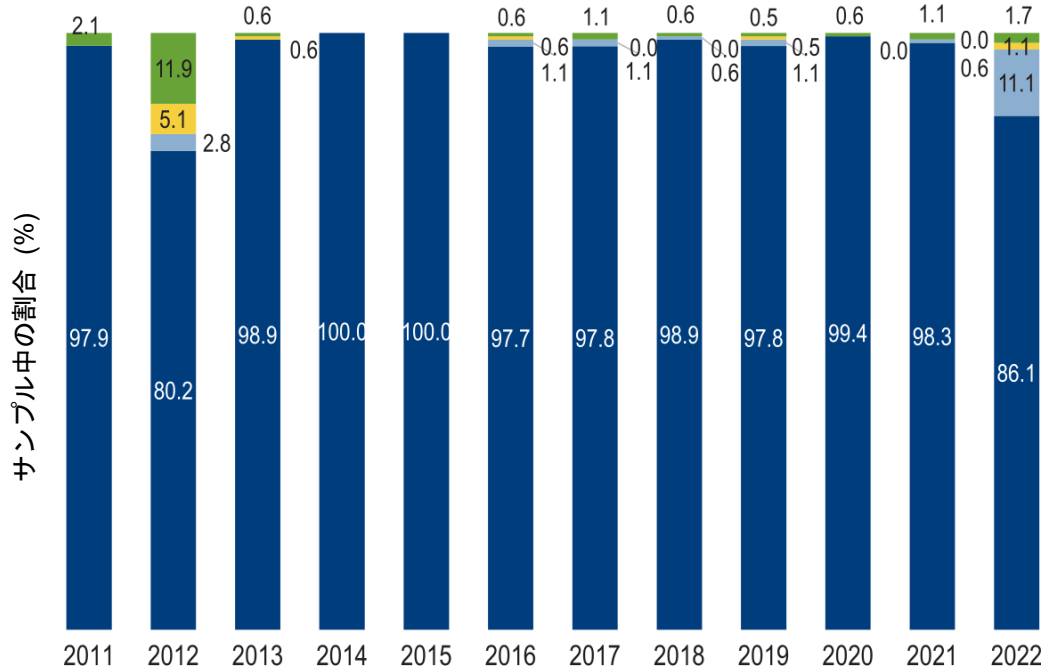
作物年度別硬胚乳 (%)



D. マイコトキシン

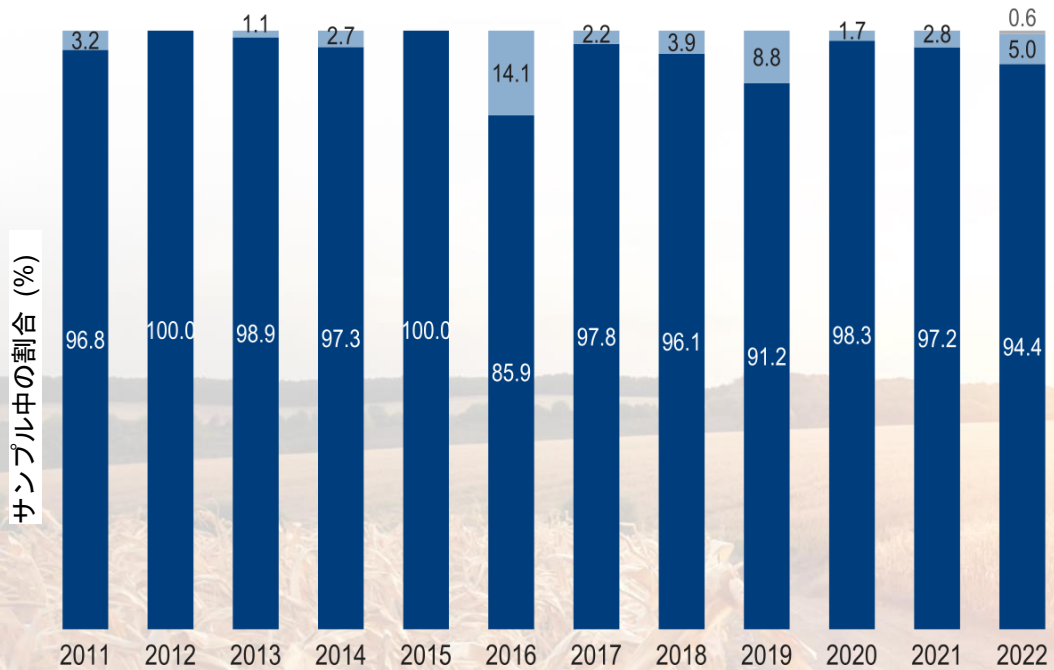
作物年度別アフラトキシンの結果 (ppb)

■ <5.0 ■ 5.0-9.9 ■ 10.0-20.0 ■ >20.0



作物年度別デオキシニバレノール (DON またはポミトキシン) の結果 (ppm)

■ <1.5 ■ 1.5-5.0 ■ >5.0



米国産トウモロコシの等級要件

等級	ブッシェル当たりの 容積重最小値 (ポンド)	最大限界値		
		損傷粒		
		熱損傷 (%)	総損傷 (%)	破損粒&異物 (%)
米国 (US) No.1	56.0	0.1	3.0	2.0
米国 (US) No.2	54.0	0.2	5.0	3.0
米国 (US) No.3	52.0	0.5	7.0	4.0
米国 (US) No.4	49.0	1.0	10.0	5.0
米国 (US) No.5	46.0	3.0	15.0	7.0

米国のトウモロコシの等級は次のとおり：(a) 1、2、3、4、5の等級要件を満たさないもの、(b) 1,000グラムのサンプル中、合計で0.1%を超える小石が含まれているもの、2個以上のガラス片が混じっているもの、3個以上のタヌキマメ (*Crotalaria spp.*) の種子、2個以上のトウゴマ (*Ricinus communis L.*) の実、4個以上の特定できない異物の粒か一般に有害・有毒とみなされる物質、8個以上のオナモミ (*Xanthium spp.*) 等、1種または複数種の種子、または動物の汚物が0.2%を超えて混入しているもの、(c) カビ臭や酸っぱい臭いなど、販売上好ましくない異臭がするもの、または (d) 熱損傷やその他の明確に品質の低下があるもの

出典：Code of Federal Regulations, Title 7, Part 810, Subpart D, United States Standards for Corn

米国単位/メートル単位換算表

トウモロコシ換算	メートル換算
1ブッシェル = 56ポンド (25.40キログラム)	1ポンド = 0.4536キログラム
39.368ブッシェル = 1メートルトン	1ハンドレッドウェイト = 100ポンドまたは45.36キログラム
15.93ブッシェル/エーカー = 1メートルトン/ヘクタール	1メートルトン = 2204.6ポンド
1ブッシェル/エーカー = 62.77キログラム/ヘクタール	1メートルトン = 1000キログラム
1ブッシェル/エーカー = 0.6277キントナル/ヘクタール	1メートルトン = 10キントナル
56ポンド/ブッシェル = 72.08キログラム/ヘクトリットル	1キントナル = 100キログラム
	1ヘクタール = 2.47エーカー

略語

cm ³ = 立方センチメートル
g = グラム
g/cm ³ = グラム/立方センチメートル
kg/hl = キログラム/ヘクトリットル
lb/bu = ポンド/ブッシェル
ppb = 十億分率
ppm = 百万分率

米国産穀物とエタノールの世界的な需要を確立し、市場を発展させる専門家のグローバルネットワーク



HEADQUARTERS:

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

PEOPLE'S REPUBLIC OF CHINA: Beijing

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

JAPAN: Tokyo

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

KOREA: Seoul

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

MEXICO: Mexico City

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

MIDDLE EAST, AFRICA AND EUROPE: Tunis

Tel: 011-216-71-191-640 • Tel: 011-216-71-191-642
Tel: 011-216-71-191-642 • tunis@grains.org

INDIA: New Delhi

Tel: 011-202-695-5904 • adcastillo@grains.org

SOUTH EAST ASIA: Kuala Lumpur

Tel: 011-603-2789-3288 • grains@grainssea.org

TAIWAN: Taipei

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

TANZANIA: Dar es Salaam

Tel: 011-255-68-362-4650
mngalaba@grains.org

LATIN AMERICA: Panama City

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