



U.S. GRAINS
COUNCIL

2021/2022
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。

米国穀物飼料協会は、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. 2021 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. 2020 年、2019 年および 5 年平均と比較した場合の 2021 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「2021/2022 年トウモロコシ収穫時品質報告書」において、11 回目の年次品質調査結果をご報告いたします。

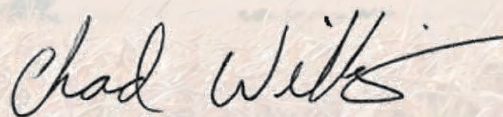
取引を通じた世界の食料安全保障および相互の経済的恩恵を促進するための取組の一環として、当協会は本報告書を作成し、信頼性の高い情報を適時に提供することで、バイヤーの皆様が最新の米国産トウモロコシの品質に関する十分な情報を得た上で意思決定を行えるよう支援します。

2021 年のトウモロコシ作付は、生育期初期の条件に恵まれたため、2020 年と過去 5 年間の平均をやや上回るペースで行われました。2021 年は作付が早く、その後の生育期間も全体的に望ましい条件に恵まれたため、米国産トウモロコシは品質、収量ともに高くなりました。今年の収穫から得られる予測平均単収（11.11 メートルトン/ヘクタール（177.0 ブッシェル/エーカー））が達成されれば、2017 年に作られた従来の記録（11.09 メートルトン/ヘクタール（176.6 ブッシェル/エーカー））を上回る、最も高い米国産トウモロコシの平均単収記録となります。

高い単収が予測されるため、当協会では、2021 年の米国産トウモロコシが歴代第 2 位の 3 億 8260 万メートルトン（150 億 6200 万ブッシェル）になると予測しています。収穫量がこのように多いため、米国は依然として世界 1 位のトウモロコシ輸出国であり、その輸出量は市場年度で世界のトウモロコシ輸出量の 31.2 パーセントを占めるものと予測されます。

「2021/2022 年トウモロコシ収穫時品質報告書」は、世界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の品質についての情報を提供するものです。バイヤーの皆様にご確認いただくトウモロコシの品質は、今後の取扱い、ブレンドおよび保管条件の影響を受けることとなります。当協会が作成する報告書の第二弾、「2021/2022 年トウモロコシ輸出貨物品質報告書」は積出地である輸出ターミナルでのトウモロコシの品質を分析するもので、2022 年初頭に発行が予定されています。

当協会は、本報告書を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お届けしていますが、これは市場を開拓し、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ための業務のひとつでもあります。



チャド・ウィリス
アメリカ穀物協会会長
2021 年 11 月

生育期間の条件が良かったことが、期間全体を通じた 2021 年トウモロコシの全体的な品質に影響を与えました。アメリカ穀物協会が「2021/2022 年トウモロコシ収穫時品質報告書」（2021/2022 年収穫時報告書）のために試験した代表的なサンプルの品質についての米国集計平均は、米国（US）No.1 等級に求められる等級ファクター要件を上回っていますが、これは品質の良い 2021 年米国産トウモロコシが豊富に流通経路に向かうことを示唆しています。この報告書によると、サンプルの 90.0%が米国（US）No.1 等級に求められる等級ファクター要件を満たしており、98.0%が米国（US）No.2 等級の等級ファクター要件を満たしています。

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 2021 年米国産トウモロコシは破損粒&異物（BCFM）、総損傷、ストレスクラックが低く、容積重が高く、水分含量はほぼ同じとなっています。2021 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

容積重平均値は 1 ブッシェル当たり 58.3 ポンド（lb/bu）（1 ヘクトリットル当たり 75.1 キログラム（kg/hl））で 2020 年を下回るが、5YA は上回っている。今年の米国（US）No.2 等級の最低要件を上回るサンプルの割合（99.5%）は、それぞれ 99.3%と 89.9%のサンプルがその最低要件と同じかまたは上回った 2020 年および 2019 年よりも高い。

BCFM 平均値（0.7%）は 2020 年および 5YA を下回る。今年の米国（US）No.2 等級の最低要件を上回るサンプルの割合（99.6%）は、それぞれ 98.5%と 96.8%のサンプルがその上限値と同じかまたは下回った 2020 年および 2019 年よりも高い。

総損傷平均値（0.7%）は 2020 年および 5YA を下回る。今年の米国（US）No.1 等級の上限値を下回るサンプルの割合（97.9%）は、それぞれ 91.5%と 72.2%のサンプルがその上限値と同じかまたは下回った 2020 年および 2019 年よりも高い。

熱損傷平均値は 0.0%で 2020 年、2019 年および 5YA と同じである。今年の試験サンプルで 0.0%を上回るものはなかった。

水分含量の平均値（16.3%）は 2020 年を上回るが、5YA とほぼ同じである。分布をみると、水分含量 15%と同じか下回るサンプルは 31.7%で、これに対し 2020 年および 2019 年はそれぞれ 42.2%と 26.7%であった。

¹ 5YA は 2016/2017 年、2017/2018 年、2018/2019 年、2019/2020 年および 2020/2021 年の「収穫時報告書」の品質ファクターの平均値または偏差値の単純平均を示している。

化学組成

タンパク質含量（乾物比 8.4%）は 2020 年とほぼ同じであるが、5YA を下回っている。

デンプン含量（乾物比 72.2%）は 2020 年と同じであるが、5YA を下回っている。

平均油分含量（乾物比 3.8%）は 2020 年および 5YA を下回っている。

物理的ファクター

2021 年トウモロコシのストレスクラック率（5.1%）は 2020 年および 5YA を下回っている。

百粒重（34.98 グラム）は 2020 年および 5YA とほぼ同じである。

穀粒容積の平均値（0.28 立方センチメートル（cm³））は 2020 年とほぼ同じであり、5YA と同じである。

2021 年トウモロコシの真の密度の平均値（1 立方センチメートル当たり 1.252 グラム（g/cm³））は 2020 年とほぼ同じであるが、5YA を下回っている。

完全粒の平均値（92.3%）は 2020 年とほぼ同じであり、5YA と同じである。

硬胚乳の平均値は 81%で、2020 年、2019 年および 5YA と同じである。

マイコトキシン

2 件のサンプルを除き、すなわち 2021 年の試験対象サンプルの 98.9%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 と同じか下回り、試験対象サンプルの 98.3%が 5.0 ppb を下回っている。

2021 年試験対象となったサンプルの 100%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 と同じか下回り、これは 2020 年および 2019 年と同じである。加えて、試験対象サンプルの 97.2%が 1.5 ppm を下回った。この割合は 2020 年をわずかに下回るが、2019 年よりも高い。

2021 年試験対象となったサンプルの 97.2%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 2020 年をわずかに下回るが、2019 年よりも高い。

今年の「収穫時報告書」では、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昨年を引き続き 2 年連続して暫定的に加えた。追加した各マイコトキシン試験での 180 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。

「2021/2022 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初期の品質について理解する上で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 11 度目となりました。11 年間の結果により、圃場から出荷される時点で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。

2021 年の米国産トウモロコシの収穫量（3 億 8260 万メートルトン（150 億 6200 万ブッシェル））は歴代第 2 位になり、平均単収（1 ヘクタール当たり 11.11 メートルトン（1 エーカー当たり 177.0 ブッシェル））は最も高い記録になると予測されています。生育期間における全体的に望ましい条件がこの大きな収穫量に寄与し、品質の高いトウモロコシの生産も促進しました。品質ファクターの結果に関して言えば、2021 年産トウモロコシの平均容積重は 5YA を上回りましたが、BCFM、総損傷およびストレスクラックはそれぞれの 5YA を下回りました。水分含量は 2020 年を上回りましたが 5YA とほぼ同じでした。デンプンは 2020 年と変わらず、タンパク質含量は 2020 年とほぼ同じでしたが、いずれもそれぞれの 5YA を下回りました。

これらの品質ファクターで市場へと向かう 2021 年トウモロコシは、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、上回っています。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 90.0%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 98.0%です。

11 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、計測調査の積み重ねにより、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「2021/2022 年収穫時報告書」の内容は、トウモロコシ生産・輸出のトップ 12 州内の特定の地域から入手した 610 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を各地域の穀物エレベーターから採取することで、それぞれの生産地を原点として品質を計測・分析し、多様な地域の品質特性のばらつきについて地域を代表する情報を提供できるようにしました。

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）

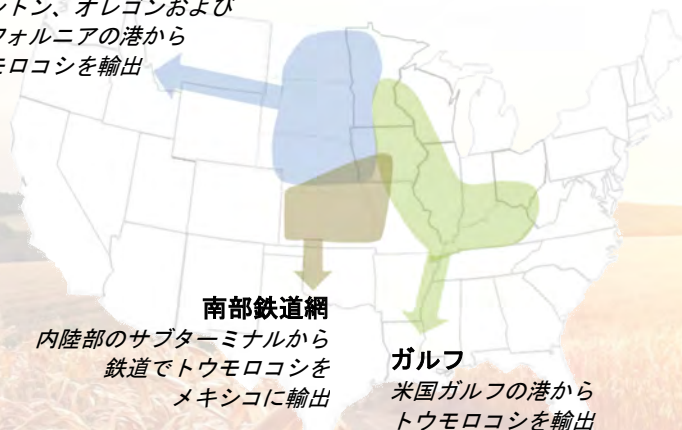
米国北西部

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、「2021/2022 年収穫時報告書」は、2022 年初頭に発表された「2021/2022 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 A¹、T-2¹ およびゼアラレノン¹

これらに加えて、「2021/2022 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、また、過去の所見のセクションでは対象となった全 11 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。

¹ 暫定的な試験

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字は、年ごとの米国（US）No.1 および No.2 等級ファクターの限界値を満たすサンプルの割合を表しています。概ね 90.0%のサンプルは米国（US）No.1 等級の等級ファクター要件をすべて満たし、98.0%のサンプルは米国（US）No.2 等級の等級ファクター要件を満たしています。
- 容積重の米国集計平均（58.3 lb/bu（75.1 kg/hl））は 2020 年（58.7 lb/bu（75.5 kg/hl））を下回り、2019 年（57.3 lb/bu（73.8 kg/hl））、5YA および 10YA¹（いずれも 58.2 lb/bu（74.9 kg/hl））を上回る。2021 年サンプルのうち、容積重が 56.0 lb/bu 以上となったのは 94.7%である。
- 2021 年の BCFM の米国集計平均（0.7%）は 2020 年（0.8%）、2019 年（1.0%）、5YA および 10YA（いずれも 0.8%）を下回り、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 99.6%が No.2 等級に認められる上限値の 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 レベルはそれぞれ 0.7、0.8、0.7%であり、いずれも米国（US）No.1 等級の限界値を下回っている。
- 2021 年、2020 年、5YA および 10YA の破損粒の米国集計平均値は 0.6%で、2019 年（0.7%）を下回っている。
- 異物混入率の米国集計平均（0.2%）は 2020 年、2019 年、5YA および 10YA と同じである。
- 2021 年の総損傷率の米国集計サンプルの平均は 0.7%で、2020 年（1.1%）、2019 年（2.7%）、5YA（1.9%）および 10YA（1.5%）を下回り、米国（US）No.1 等級の限界値を大きく下回る。損傷粒の割合が 3.0%を下回っているのはサンプル全体の 97.9%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 0.8、0.4、0.8%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「2011/2012 年収穫時報告書」から「2020/2021 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値の単純平均を示している。

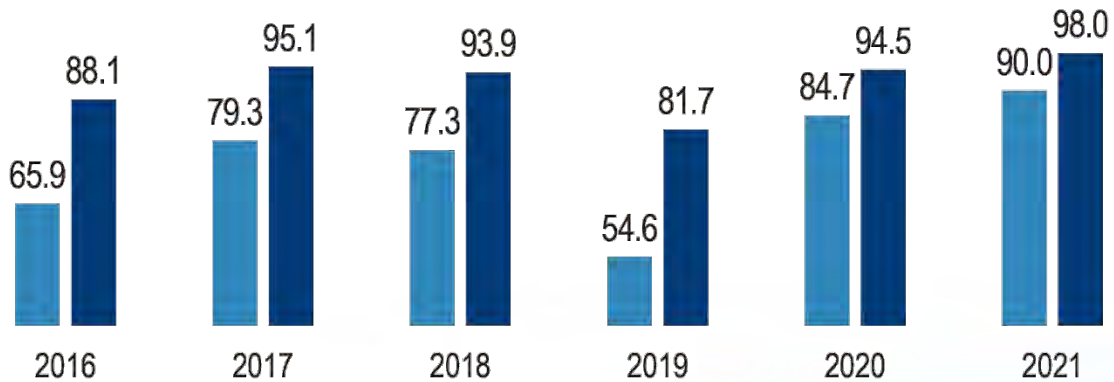
概要：等級ファクターおよび水分含量

- 2021年のサンプルでの熱損傷の米国集計平均は0.0%であり、これは2020年、2019年、5YA および 10YA のサンプルにおいても同じである。
- 2021年の水分含量の米国集計平均（16.3%）は2020年（15.8%）、2019年（17.5%）を下回るが、5YA（16.4%）および10YA（16.2%）とほぼ同じである。ガルフ ECA、米国北西部 ECA および南部鉄道網 ECA の2021年の平均水分含量はそれぞれ16.8%、15.7% および 15.5%である。南部鉄道網 ECA の平均水分含量レベルが、2021年、2020年、2019年、5YA および 10YA のいずれでも全 ECA 中で最も低い。水分含量が17.0%を超える2021年のサンプルの割合（32.4%）は2020年（26.3%）よりも高い。水分含量レベルを監視して十分低く保ち、カビが成長して保管期間が短くなる可能性をなくすように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。一般に、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が、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。

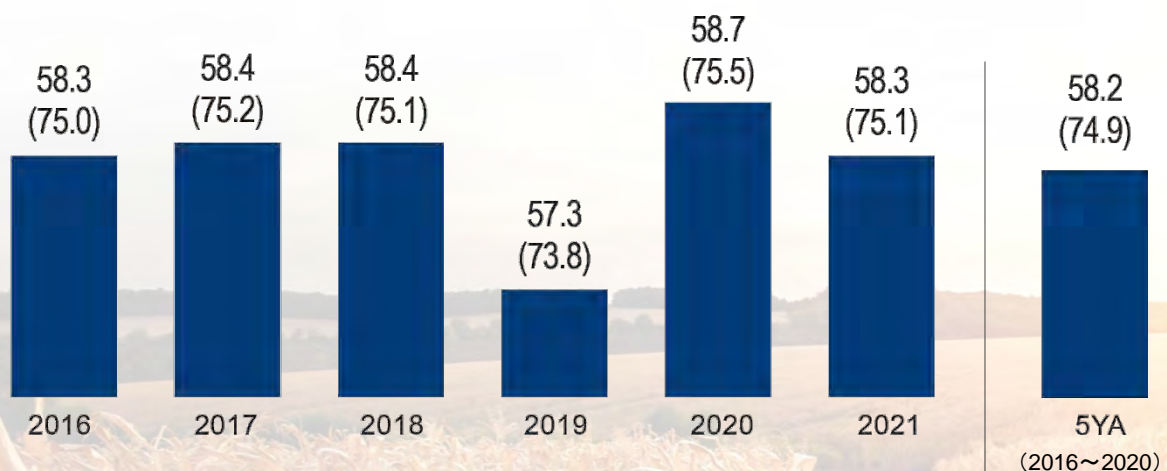
圃場から搬入された地点でサンプルを採取・測定した場合、水分含量が一定であれば、高い容積重の値は高い品質、高い硬胚乳率、かつ、完全で破損や異物のないトウモロコシであることを示唆します。容積重は真の密度と正の相関関係にあり、穀粒の硬さと成熟度を反映します。

結果

- 2021年の容積重の米国集計平均（58.3 lb/bu または 75.1 kg/hl）は2020年（58.7 lb/bu または 75.5 kg/hl）を下回り、2019年（57.3 lb/bu または 73.8 kg/hl）および5YA（58.2 lb/bu または 74.9 kg/hl）を上回り、米国（US）No.1 等級の下限値（56.0 lb/bu）を大幅に上回っている。

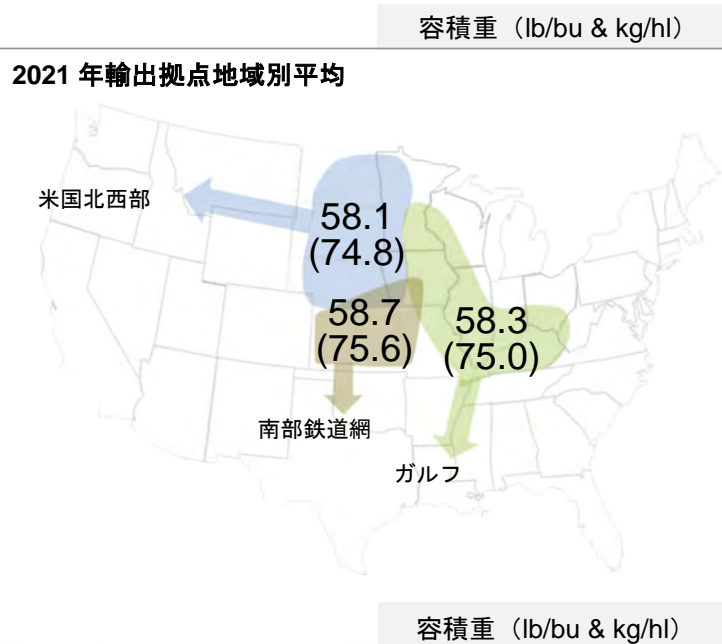
容積重 (lb/bu & kg/hl)

米国集計結果の概要



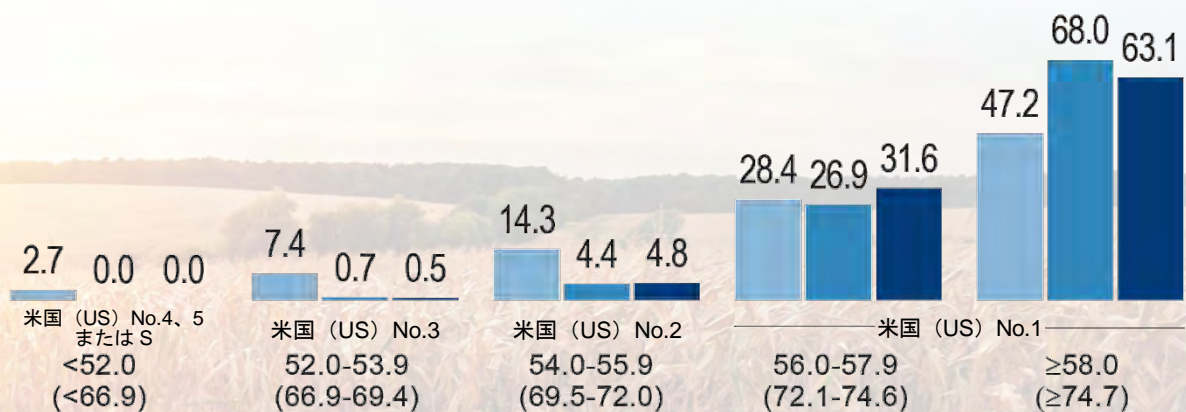
² Hellevang, K. (2019年)「トウモロコシ容積重は数多くのファクターから影響を受ける」NDSU Agricultural Communication、2019年11月27日、NDSU エクステンション・サービス

- 2021年の容積重の米国集計の標準偏差（1.18 lb/bu）は2020年（1.22 lb/bu）、2019年（1.41 lb/bu）、5YA（1.25 lb/bu）および10YA（1.29 lb/bu）を下回っている。
- 2021年の収穫時サンプルのばらつき幅は8.8 lb/bu（53.3～62.1 lb/bu）である。この値は2020年のばらつき幅である9.9 lb/bu（52.6～62.5 lb/bu）と2019年のばらつき幅である19.3 lb/bu（42.6～61.9 lb/bu）を下回っている。
- 2021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）と同じか上回るのはサンプルの94.7%で、2020年は94.9%、2019年は75.6%である。2021年のサンプルで米国（US）No.2等級の限界値（54.0 lb/bu）を上回るのは99.5%で、2020年は99.3%、2019年は89.9%である。
- 2021年の容積重平均はガルフ ECA（58.3 lb/bu）および南部鉄道網 ECA（58.7 lb/bu）が高い。米国北西部 ECA の容積重（58.1 lb/bu）は2021年、2020年、2019年、5YA および10YA のいずれでも最も低い。



収穫年別サンプル割合

■ 2019 ■ 2020 ■ 2021



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で 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。

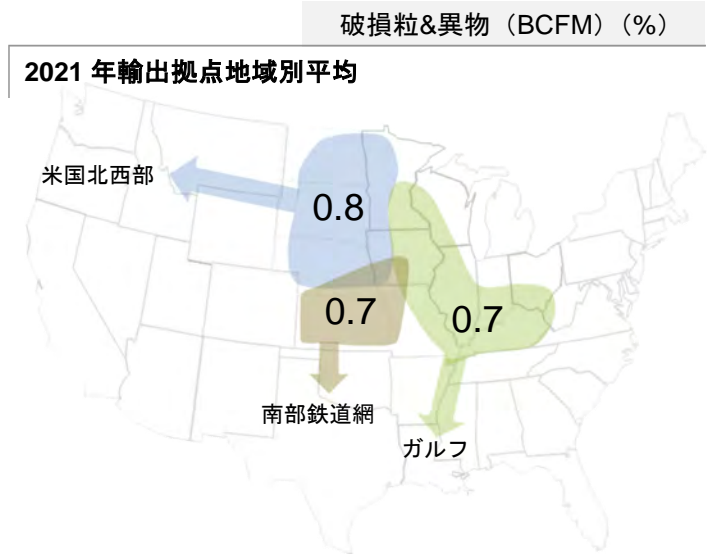
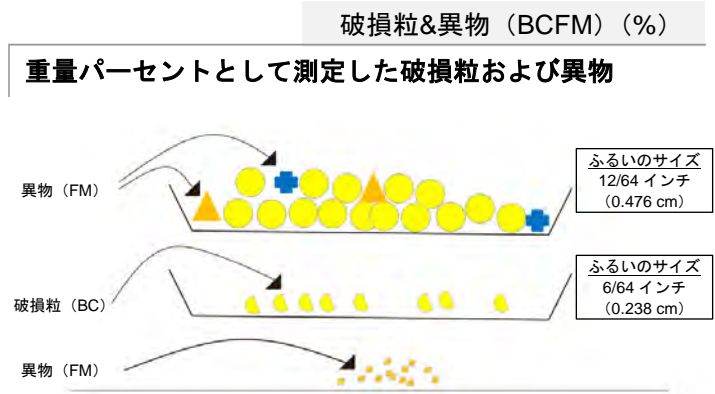
次ページの図は米国産トウモロコシ等級で用いられる破損粒および異物を測定するための方法を示したものです。

結果

- 2021 年の米国集計 BCFM 平均 (0.7%) は 2020 年 (0.8%)、2019 年 (1.0%)、5YA および 10YA (いずれも 0.8%) を下回り、米国 (US) No.1 等級の上限値 (2.0%) を大幅に下回っている。
- 標準偏差 (0.46%) に基づく 2021 年トウモロコシの BCFM のばらつきは 2020 年 (0.49%)、2019 年 (0.67%)、5YA (0.54%) および 10YA (0.56%) を下回っている。

破損粒&異物 (BCFM) (%)
米国集計結果の概要

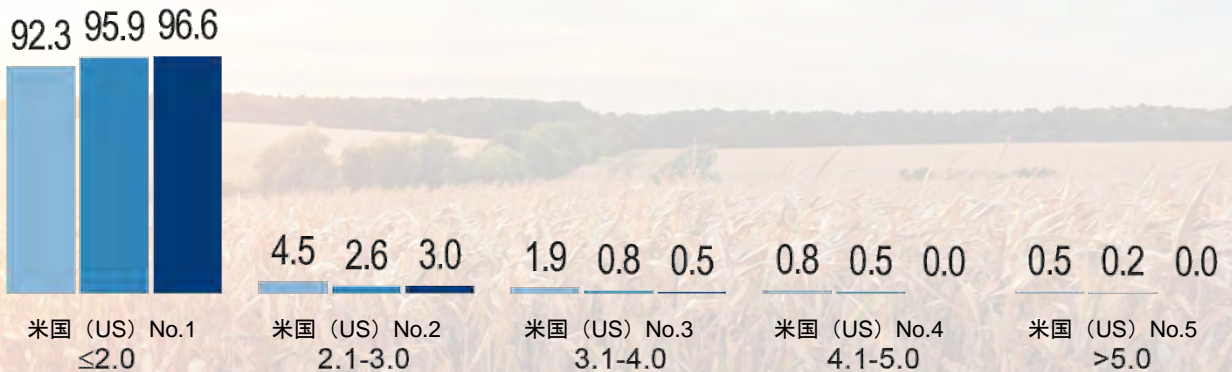

- 2021 年収穫時サンプルの BCFM の最小値と最大値の幅は 3.4% (0.0~3.4%) である。この値は 2020 年サンプルの 8.7% (0.1~8.8%) と 2019 年サンプルの 8.2% (0.0~8.2%) を下回っている。
- 2021 年のサンプル分布では、米国 (US) No.1 等級の BCFM の上限値 (2.0%) 以下の割合は 96.6% で、これに対して 2020 年は 95.9%、2019 年は 92.3% である。サンプルのほぼすべて (99.6%) が米国 (US) No.2 等級の BCFM の上限値である 3.0% 以下である。
- ガルフ ECA、米国北西部 ECA および南部鉄道網 ECA の BCFM 平均値はそれぞれ 0.7%、0.8% および 0.7% であり、いずれも米国 (US) No.1 等級の限界値を下回っている。



破損粒&異物 (BCFM) (%)

収穫年別サンプル割合

■ 2019 ■ 2020 ■ 2021



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

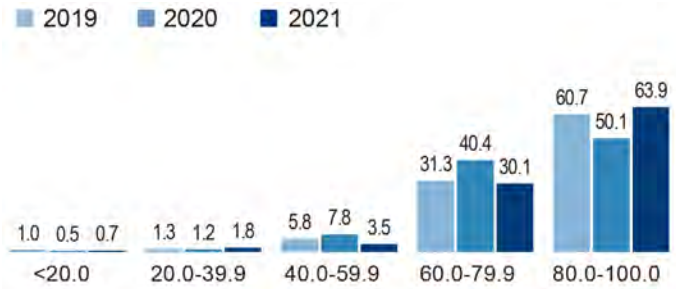
- 2021年、2020年、5YA および 10YA の破損粒の米国集計サンプル平均値は0.6%で、2019年（0.7%）を下回っている。
- 2021年のトウモロコシでは、破損粒のサンプル間のばらつきは標準偏差からわかるように、過去年をわずかに下回る。2021年、2020年、2019年、5YA および 10YA の標準偏差はそれぞれ 0.33%、0.34%、0.47%、0.37% および 0.40% である。
- 2021年の破損粒のばらつき幅は2.3%（0.0~2.3%）で、2020年2.8%（0.0~2.8%）および2019年5.3%（0.0~5.3%）を下回る。

破損粒 (%)
米国集計結果の概要


- 2021 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 13.5% を占め、これに対し 2020 年では 15.2%、2019 年では 23.0% である。
- BCFM に占める破損粒の割合を示した右の分布図は、サンプルの 63.9% で BCFM の 80.0% 以上が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 のいずれも同じ (0.6%) である。

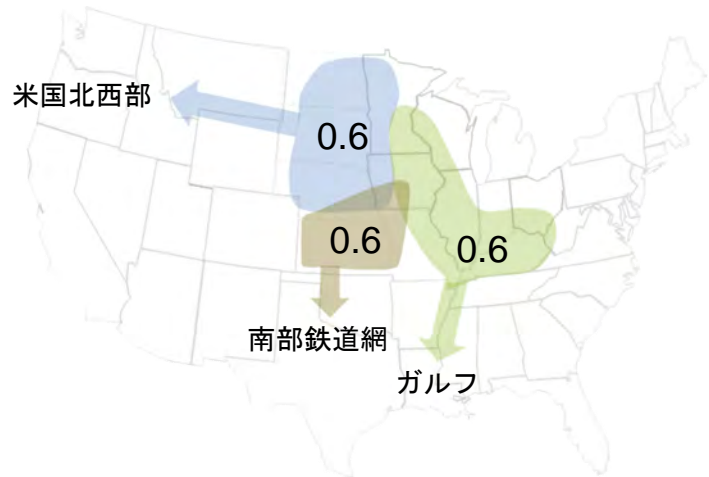
破損粒 (BCFM に占める割合)

BCFM に占める割合で示した収穫年別サンプル



破損粒 (%)

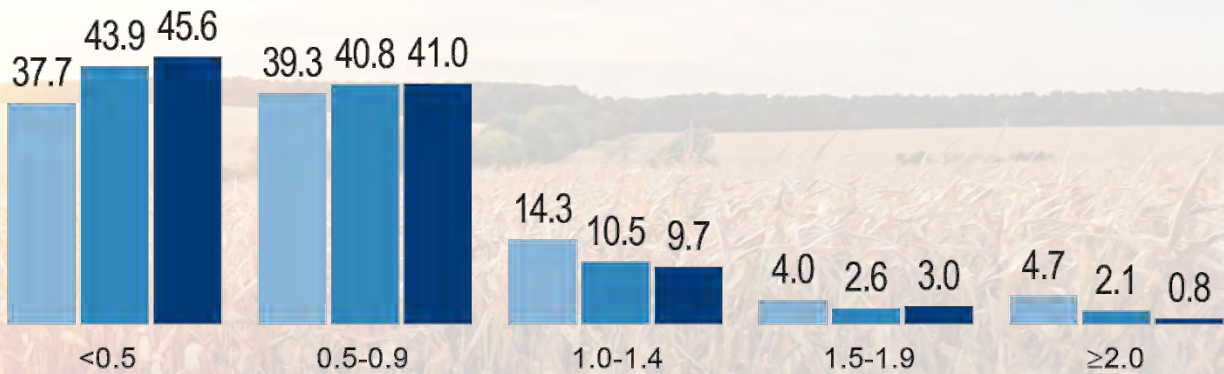
2021 年輸出拠点地域別平均



破損粒 (%)

収穫年別サンプル割合

■ 2019 ■ 2020 ■ 2021

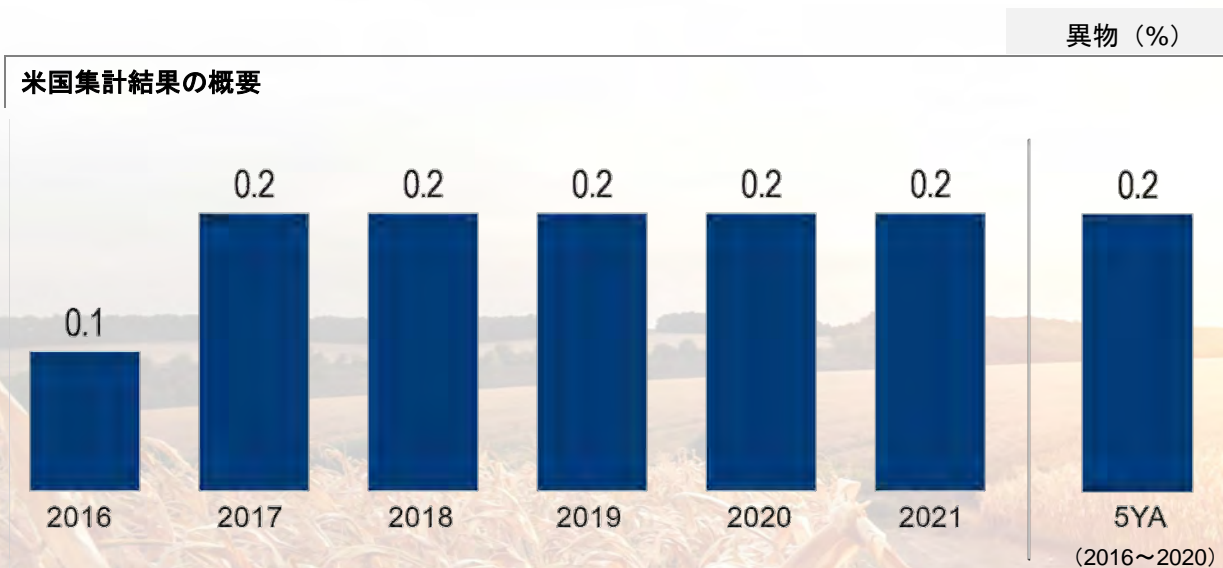


異物

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

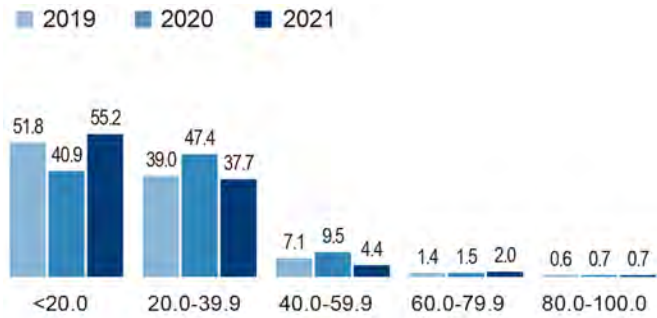
- 米国集計サンプルに占める異物の割合の平均値は、2021年、2020年、2019年、5YA、10YAとも0.2%である。コンバインは極小の物質でも除去するように設計されており、混入異物の割合がこの数年一貫して小さくなっていることから判断して、コンバインの機能が十分に発揮されていると考えられる。
- 標準偏差の値で示されるばらつきについては、2021年の米国集計サンプル（0.18%）は2020年（0.22%）、2019年（0.28%）、5YA（0.23%）および10YA（0.22%）をわずかに下回っている。
- 2021年サンプルの異物のばらつき幅は0.0~1.8%で、2020年（0.0~8.3%）および2019年（0.0~3.3%）を下回っている。



- 2021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93.4%で、2020年（92.5%）とほぼ同じであり、2019年（88.3%）を上回る。
- BCFMに占める異物の割合を示す右の分布図は、サンプルの55.2%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 の異物の割合はすべて0.2%である。2020年、5YA および 10YA のいずれにおいても、3ECA すべての異物の平均値は0.2%となっている。

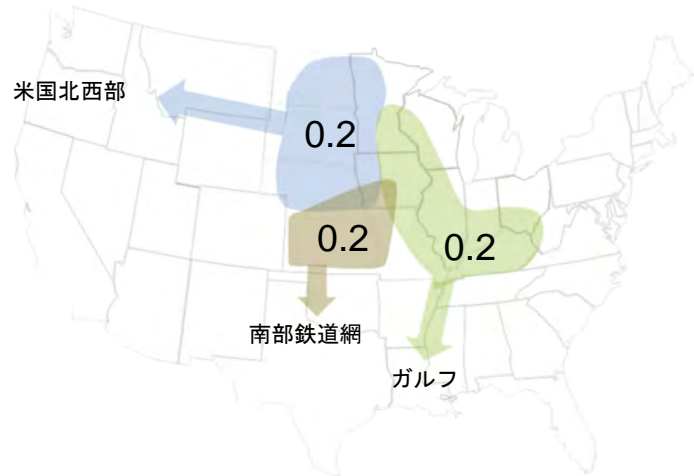
異物（BCFMに占める割合）

BCFMに占める割合で示した収穫年別サンプル



異物 (%)

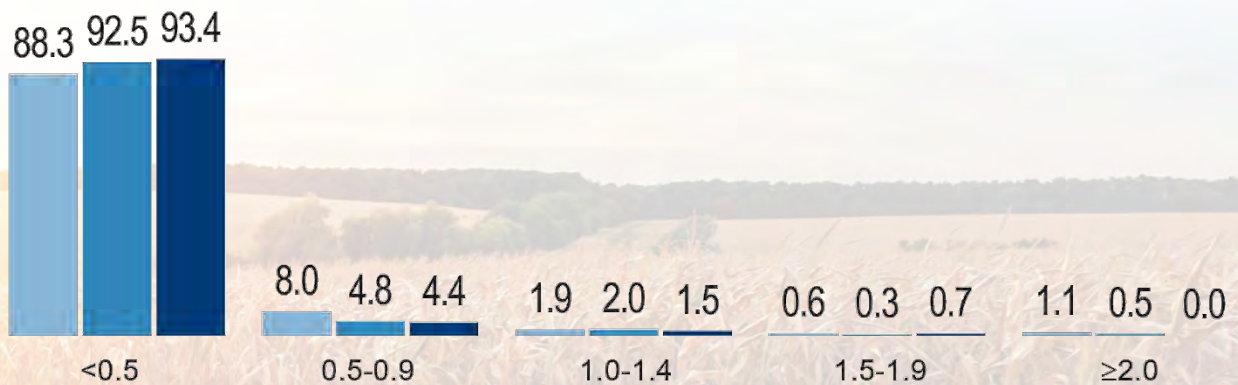
2021年輸出拠点地域別平均



異物 (%)

収穫年別サンプル割合

■ 2019 ■ 2020 ■ 2021



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。

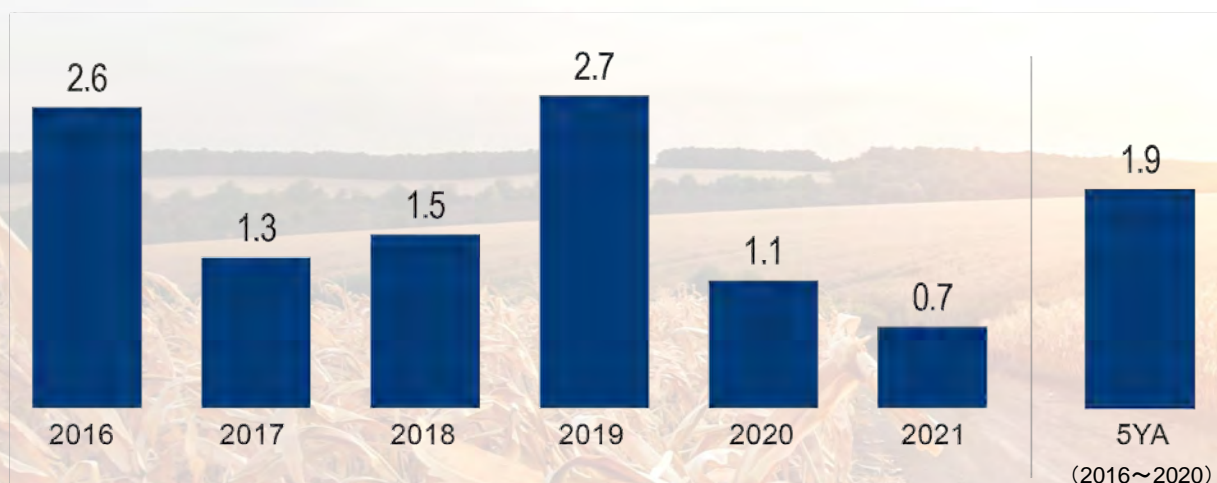
熱損傷は、暖かく湿ったトウモロコシ中の微生物の活動や乾燥工程で加えた高熱により発生することがあります。収穫時に圃場から直接運ばれてくるトウモロコシに熱損傷が存在することは稀です。

結果

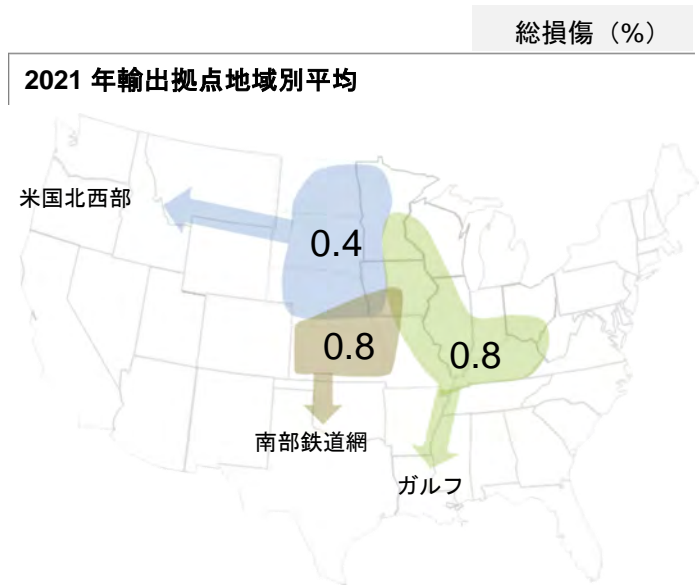
- 2021年の米国集計の総損傷平均値（0.7%）は2020年（1.1%）、2019年（2.7%）、5YA（1.9%）および10YA（1.5%）を下回っている。2021年の総損傷平均値は過去6年間の最小レベルであり、米国（US）No.1等級の限界値（3.0%）を大幅に下回っている。

総損傷（%）

米国集計結果の概要



- 標準偏差 (0.59%) に基づく 2021 年の総損傷値のばらつきは 2020 年 (1.06%)、2019 年 (2.43%)、5YA (1.49%) および 10YA (1.23%) を大幅に下回っている。
- 2021 年の総損傷のばらつき幅 (0.0~13.4%) は 2020 年 (0.0~18.3%) および 2019 年 (0.0~50.5%) を下回っている。
- 2021 年サンプルの総損傷の割合は 2020 年サンプルを下回り、損傷粒の割合が 3.0%以下のものはサンプルの 97.9%で、これに対し 2020 年は 91.5%、2019 年は 72.2%である。
- 総損傷平均はガルフ ECA が 0.8%、米国北西部 ECA が 0.4%、南部鉄道網 ECA が 0.8%となっている。すべての ECA で総損傷平均値は米国 (US) No.1 等級の限界値 (3.0%) と同じか下回っている。
- 熱損傷の集計平均は 2021 年サンプルで 0.0%であり、これは 2020 年、2019 年、5YA および 10YA と同じ結果である。試験した 2021 年の調査サンプルで 0.0%を上回るものはなかった。
- 熱損傷が少なかった理由のひとつは、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あったために人工乾燥が最小限に抑えられたことであろう。



収穫年別サンプル割合

■ 2019 ■ 2020 ■ 2021



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。

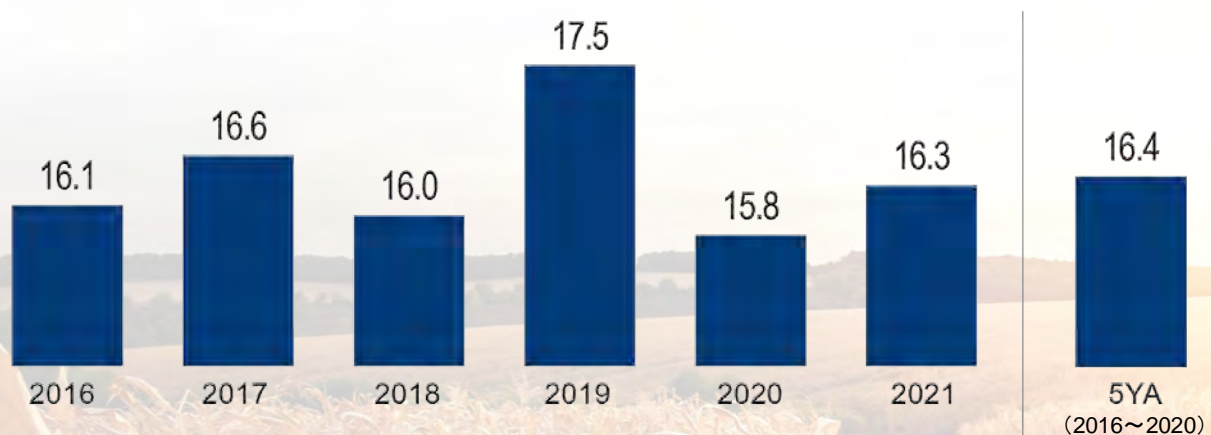
極端に水分が多く含まれるトウモロコシでは、後の保管や輸送の期間中にカビにより著しい損傷が発生しやすくなることがあります。生育期間中、トウモロコシの収量や穀粒の組成・成長は気候の影響を受ける一方、収穫時のトウモロコシの水分含量は主に作物の成熟度や収穫のタイミング、収穫時の気象条件の影響を受けます。水分と保管についての一般的なガイドラインでは、米国コーンベルト地帯の典型的な条件下において、良好な品質で損傷なくトウモロコシを通気のある場所で6~12か月間保管するには14.0%以下、1年を超える保管には13.0%以下の水分含量を推奨しています³。

結果⁴

- エレベーターにおいて記録された2021年の米国集計水分含量の平均は16.3%で、2020年（15.8%）を上回り、2019年（17.5%）を下回るが、5YA（16.4%）および10YA（16.2%）とほぼ同じである。過去11年の米国集計水分含量の平均値をみると、干ばつに見舞われた2012年の15.3%が最小で、2019年の17.5%が最大と幅がある。

水分含量 (%)

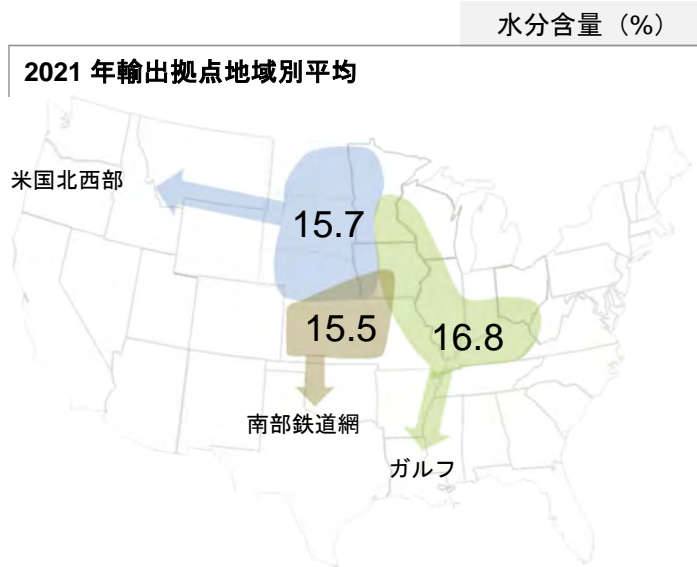
米国集計結果の概要



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

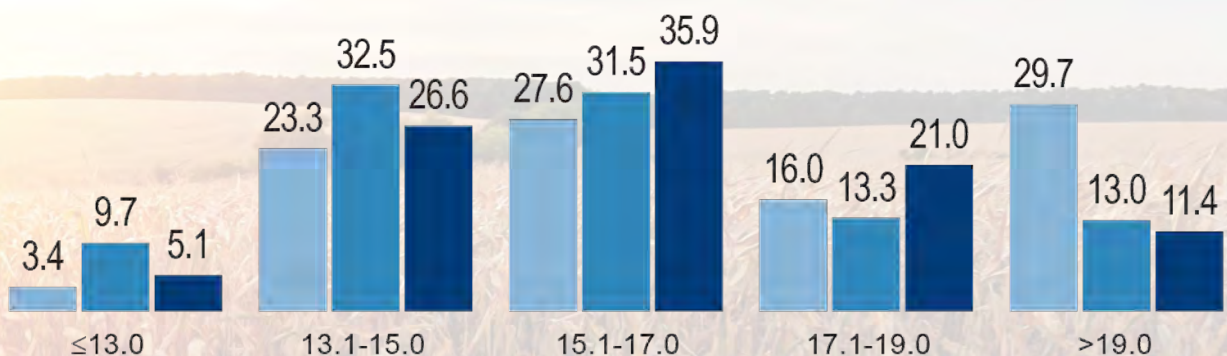
⁴ 本セクション中の柱状グラフ間の差は専ら四捨五入に起因する。

- 2021 年米国集計水分含量の標準偏差 (1.79%) は 2020 年 (1.96%) および 2019 年 (2.35%) を下回り、5YA (1.85%) および 10YA (1.82%) とほぼ同じである。
- 水分含量が 17.0%を超える 2021 年サンプルの割合 (32.4%) は 2020 年 (26.3%) より大きい、2019 年 (45.7%) より少ない。水分含量レベルを監視して十分低く保ち、カビが成長して保管期間が短くなる可能性をなくすように注意する必要がある。
- 2021 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 31.7%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。この水分含量値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 2021 年サンプルは、2020 年の 9.7%に比べてわずか 5.1%である。水分含量の値が 13.0%以下というの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。
- 2021 年のガルフ ECA、米国北西部 ECA および南部鉄道網 ECA の平均水分含量は、それぞれ 16.8%、15.7%、15.5%である。2021 年、2020 年、2019 年、5YA および 10YA のいずれにおいても、南部鉄道網 ECA の平均水分含量がすべての ECA 地域の中で最も低い。



収穫年別サンプル割合

■ 2019 ■ 2020 ■ 2021



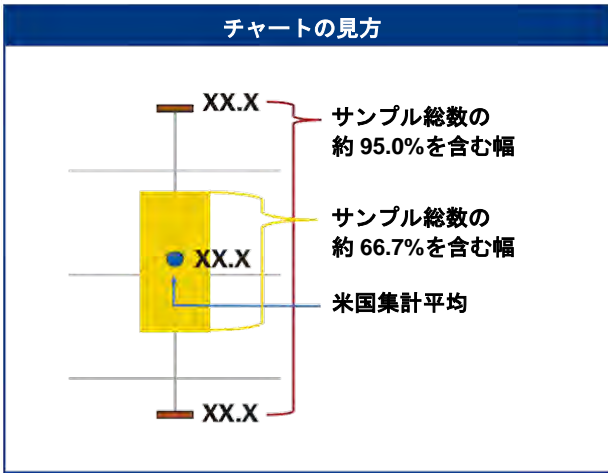
まとめ：等級ファクターと水分含量

	2021収穫					2020収穫		2019収穫		5年平均 (2016~2020)		10年平均 (2011~2020)	
	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													
容積重 (lb/bu)	610	58.3	1.18	53.3	62.1	58.7*	1.22	57.3*	1.41	58.2*	1.25	58.2*	1.29
容積重 (kg/hl)	610	75.1	1.51	68.6	79.9	75.5*	1.57	73.8*	1.81	74.9*	1.61	74.9*	1.66
BCFM (%)	610	0.7	0.46	0.0	3.4	0.8*	0.49	1.0*	0.67	0.8*	0.54	0.8*	0.56
破損粒 (%)	610	0.6	0.33	0.0	2.3	0.6	0.34	0.7*	0.47	0.6	0.37	0.6*	0.40
異物 (%)	610	0.2	0.18	0.0	1.8	0.2*	0.22	0.2*	0.28	0.2*	0.23	0.2*	0.22
総損傷 (%)	610	0.7	0.59	0.0	13.4	1.1*	1.06	2.7*	2.43	1.9*	1.49	1.5*	1.23
熱損傷 (%)	610	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 (%)	605	16.3	1.79	8.5	27.3	15.8*	1.97	17.5*	2.35	16.4	1.85	16.2	1.82
ガルフ													
容積重 (lb/bu)	544	58.3	1.25	53.3	62.1	58.8*	1.25	57.8*	1.27	58.4*	1.21	58.3	1.27
容積重 (kg/hl)	544	75.0	1.61	68.6	79.9	75.7*	1.61	74.4*	1.64	75.2*	1.56	75.1	1.64
BCFM (%)	544	0.7	0.45	0.0	3.4	0.8*	0.53	0.9*	0.61	0.8*	0.54	0.8*	0.55
破損粒 (%)	544	0.6	0.32	0.0	2.3	0.6	0.36	0.7*	0.43	0.6	0.37	0.6*	0.40
異物 (%)	544	0.2	0.17	0.0	1.7	0.2*	0.25	0.2*	0.26	0.2*	0.24	0.2*	0.23
総損傷 (%)	544	0.8	0.66	0.0	13.4	1.5*	1.42	3.0*	2.50	2.2*	1.71	1.8*	1.43
熱損傷 (%)	544	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 (%)	544	16.8	1.90	8.5	27.3	16.6	2.16	17.6*	2.32	16.7	1.92	16.6*	1.89
米国北西部													
容積重 (lb/bu)	292	58.1	1.05	53.3	62.1	58.3	1.19	55.7*	1.80	57.4*	1.37	57.4*	1.35
容積重 (kg/hl)	292	74.8	1.35	68.6	79.9	75.0	1.53	71.7*	2.31	73.9*	1.76	73.9*	1.74
BCFM (%)	292	0.8	0.51	0.0	3.4	0.8	0.44	1.2*	0.88	0.9	0.58	0.9*	0.62
破損粒 (%)	292	0.6	0.36	0.0	2.2	0.6	0.32	0.9*	0.60	0.7	0.41	0.7*	0.45
異物 (%)	292	0.2	0.20	0.0	1.8	0.2	0.19	0.3*	0.37	0.2*	0.23	0.2*	0.24
総損傷 (%)	292	0.4	0.34	0.0	2.9	0.5	0.64	2.6*	3.02	1.1*	1.15	0.8*	0.81
熱損傷 (%)	292	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 (%)	292	15.7	1.57	11.2	25.5	14.9*	1.74	18.3*	2.96	16.3*	1.95	15.8	1.78
南部鉄道網													
容積重 (lb/bu)	360	58.7	1.12	53.8	62.1	58.9	1.18	58.6	1.18	58.7	1.19	58.5*	1.25
容積重 (kg/hl)	360	75.6	1.45	69.3	79.9	75.8	1.51	75.4	1.52	75.6	1.54	75.4*	1.61
BCFM (%)	360	0.7	0.42	0.0	2.7	0.8*	0.44	0.8	0.47	0.8*	0.46	0.8*	0.50
破損粒 (%)	360	0.6	0.29	0.0	2.1	0.6*	0.32	0.6	0.35	0.6	0.33	0.6*	0.37
異物 (%)	360	0.2	0.19	0.0	1.7	0.2*	0.20	0.2	0.18	0.2	0.19	0.2	0.20
総損傷 (%)	360	0.8	0.72	0.0	9.6	0.9*	0.68	2.3*	1.27	1.7*	1.19	1.4*	1.02
熱損傷 (%)	360	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 (%)	360	15.5	1.74	8.5	27.3	14.8*	1.77	16.0*	1.42	15.6	1.47	15.6	1.54

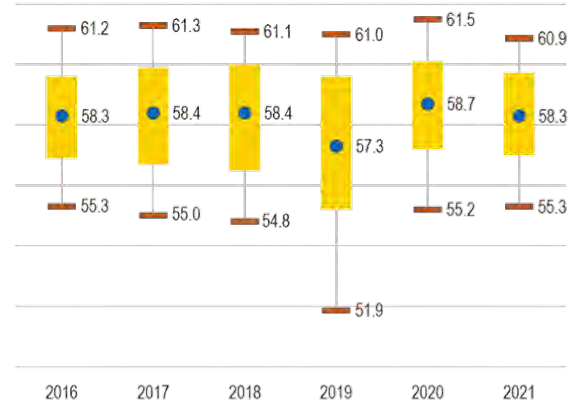
*は有意水準 95.0%で実施した両側t検定に基づき、平均値が2021年との間で有意な差を示していることを意味する。

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。

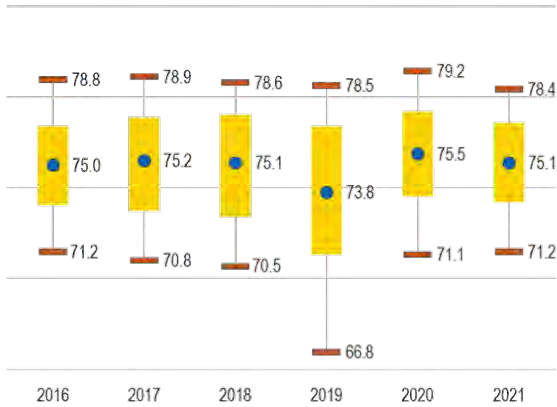
等級ファクター
6年集計比較



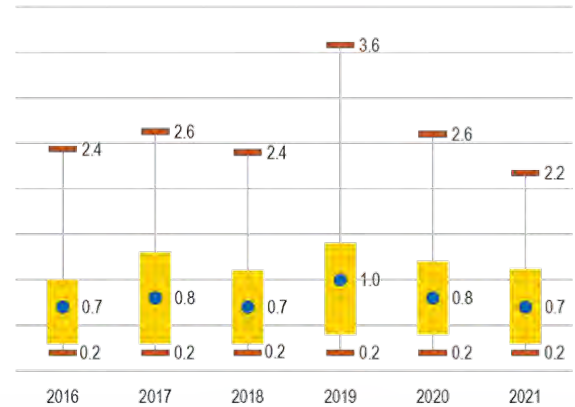
容積重 (lb/bu)



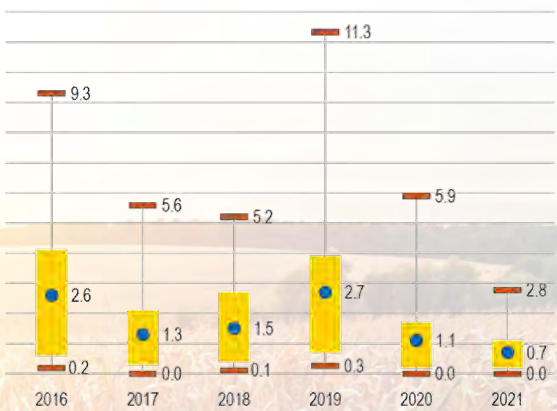
容積重 (kg/hl)



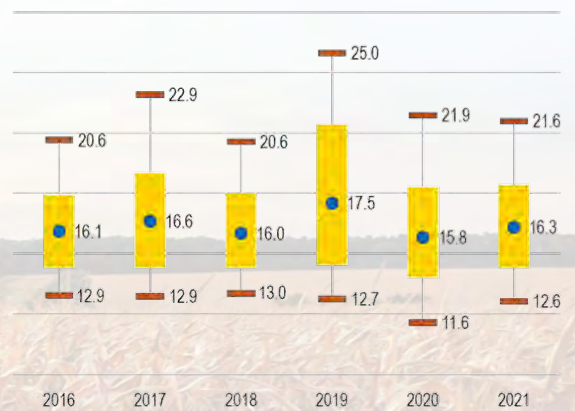
BCFM (%)



総損傷 (%)



水分含量 (%)



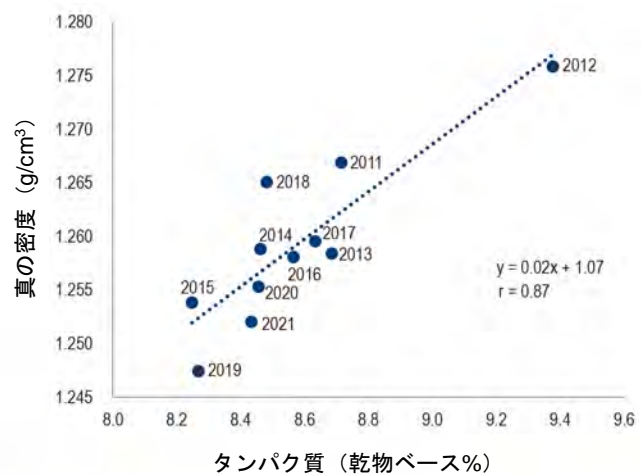
C. 化学組成

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

- 2021年の米国集計タンパク質含量平均値（乾物比 8.4%）は2020年（8.5%）とほぼ同じで5YA（8.5%）、10YA（8.6%）を下回るが、2019年（8.3%）は上回っている。
- 2021年、2020年、2019年、5YA および 10YA のいずれでも、ガルフ ECA のタンパク質含量の値がすべての ECA の中で最も低いか、最も低い値で並んでいる。
- 右図に示すように、過去 11 年の米国集計平均値から、タンパク質含量が増加すると真の密度も上昇することがわかる（結果として相関係数は 0.87）。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。
- 2021年の米国集計デンプン含量平均値（乾物比 72.2%）は2020年と同じであるが、2019年（72.3%）、5YA（72.4%）および10YA（72.9%）を下回っている。

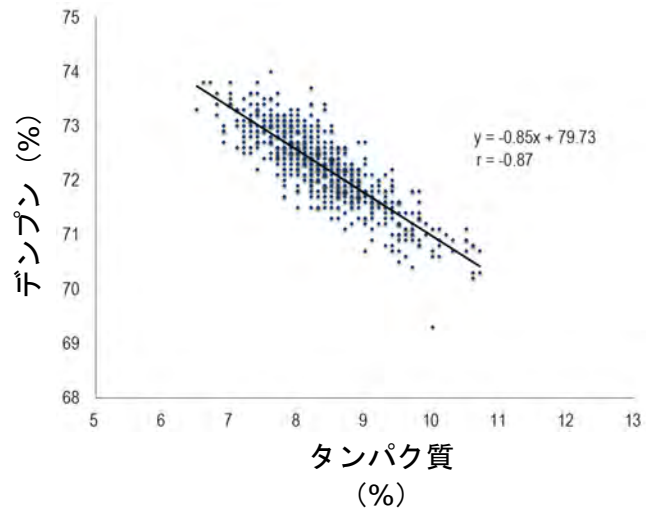
**真の密度とタンパク質の相関
11年間の米国集計**



概要：化学組成

- ガルフ ECA のデンプン含量平均値は 2021 年、2020 年、2019 年、5YA、および 10YA のいずれでもすべての ECA の中で最も高い。
- 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（ $r = -0.87$ ）があることがわかる。
- 2021 年の米国集計油分含量平均値（乾物比 3.8%）は 2020 年（3.9%）、2019 年（4.1%）、5YA（4.0%）および 10YA（3.9%）を下回っている。
- 2021 年のガルフ ECA の平均油分含量は 3.8%で、米国北西部 ECA と南部鉄道網 ECA（いずれも 3.9%）より低い。2021 年、2020 年、2019 年、5YA および 10YA の平均油分含量のばらつきは、すべての ECA で一貫して 0.1%以内である。

デンプンとタンパク質の相関、2021 年米国集計



タンパク質

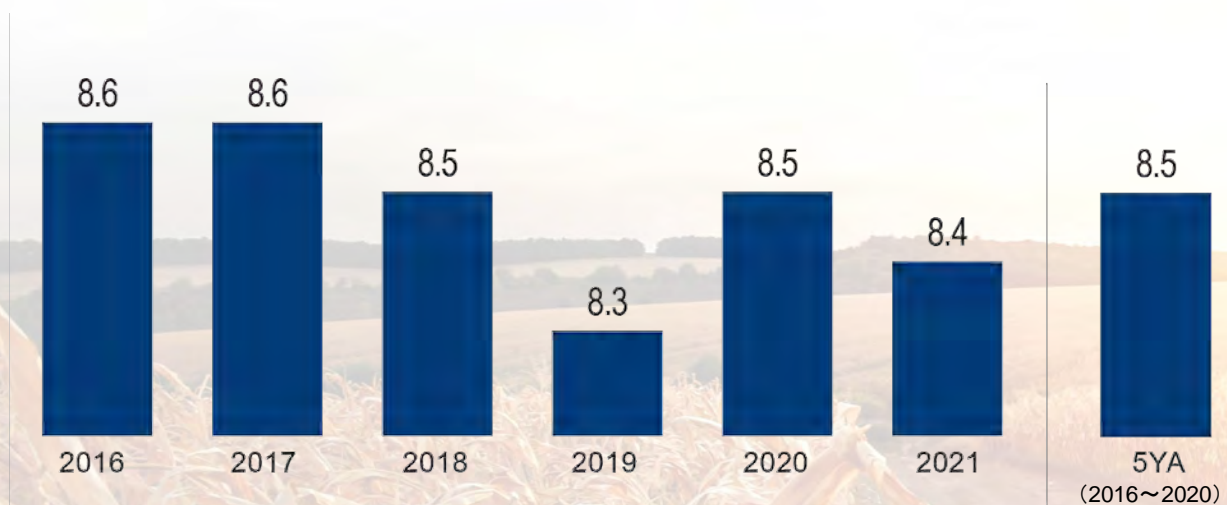
タンパク質は必須含硫アミノ酸を供給し、飼料要求効率を改善するという点で、家禽類および家畜用の飼料にとって非常に重要です。タンパク質は土壌中の可給態窒素が減ったときや収量の高い年には含量が低下する傾向があります。タンパク質の含量は、通常、デンプンの含量と負の相関関係にあります。報告結果は乾物ベースの値です。

結果

- 2021年の米国集計タンパク質含量平均値は8.4%であった。この値は2020年（8.5%）とほぼ同じであり、5YA（8.5%）および10YA（8.6%）を下回っているが、2019年（8.3%）を上回っている。
- 2021年の米国集計タンパク質含量の標準偏差平均値（0.53%）は2020年（0.58%）、2019年（0.54%）、5YA（0.54%）および10YA（0.57%）をわずかに下回っている。
- 2021年のタンパク質含量のばらつき幅（6.4~11.8%）は2020年（6.1~10.7%）および2019年（6.2~10.4%）の幅とほぼ同じである。
- 2021年のタンパク質含量の分布では、8.0%未満のものが28.8%、8.0~8.9%のものが49.0%、9.0%以上のものが22.2%を占めている。2021年のタンパク質含量分布は、2020年よりもタンパク質含量の多いサンプル数が少ないことを示している。

タンパク質（乾物ベース%）

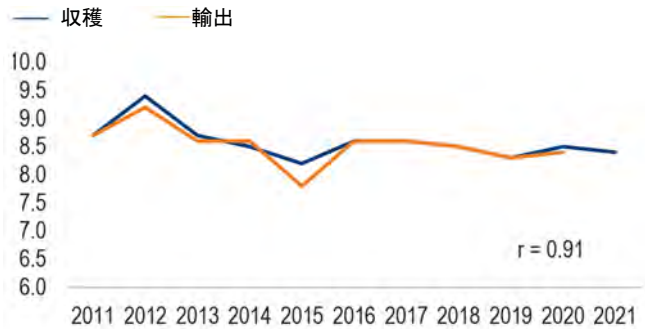
米国集計結果の概要



- 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」の間には、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タンパク質含量を示している。相関係数が高い ($r = 0.91$) のはこの一貫性を示している。
- 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 8.2%、8.9%および 8.5%である。2021 年、2020 年、2019 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か、最も低い値で並んでいる。

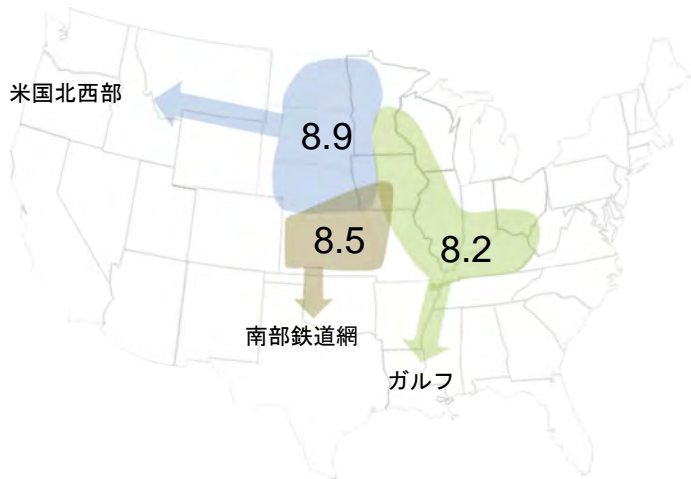
タンパク質 (乾物ベース%)

年別米国集計結果比較



タンパク質 (乾物ベース%)

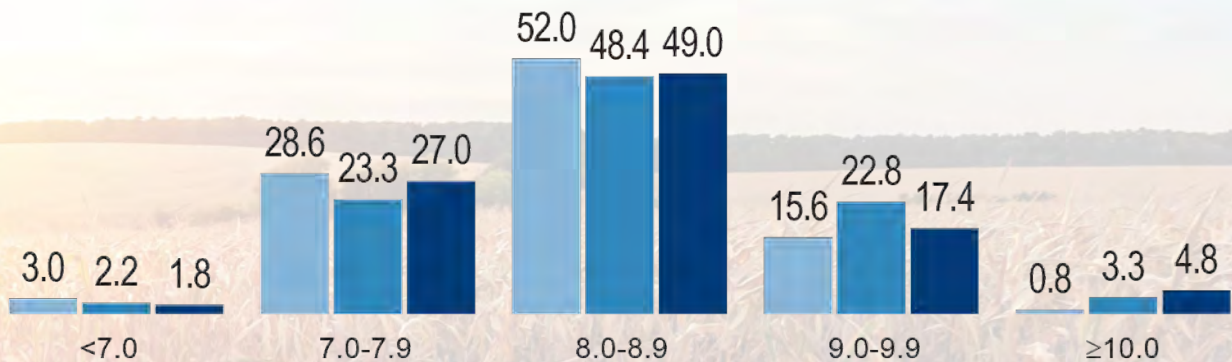
2021 年輸出拠点地域別平均



タンパク質 (乾物ベース%)

収穫年別サンプル割合

■ 2019 ■ 2020 ■ 2021



デンプン

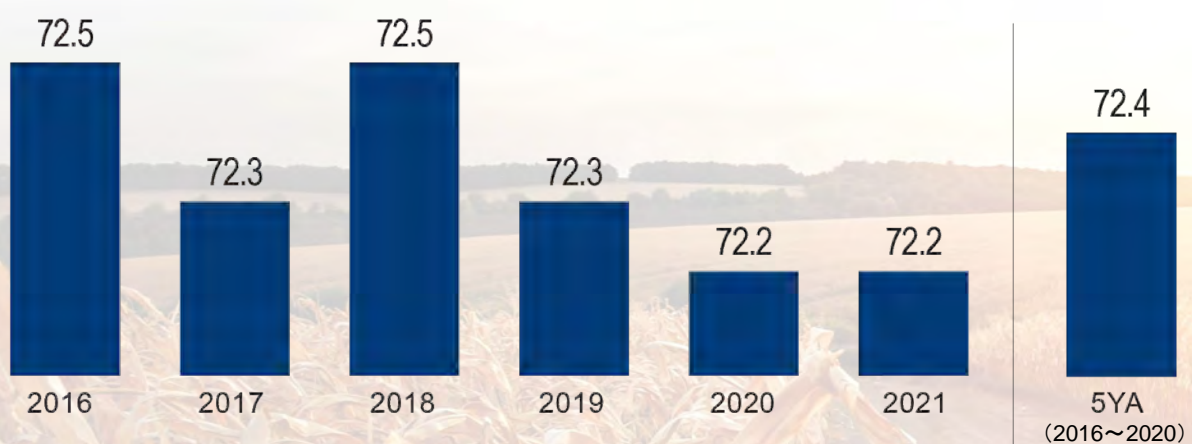
デンプンはウェットミリング業者や乾式粉碎エタノール製造業者が用いるトウモロコシには重要なファクターです。デンプン含量の高さは、多くの場合、穀粒の生育・登熟状態が良好であり、穀粒密度も適度であることを示唆します。通常、デンプン含量はタンパク質含量と負の相関関係にあります。報告結果は乾物ベースの値です。

結果

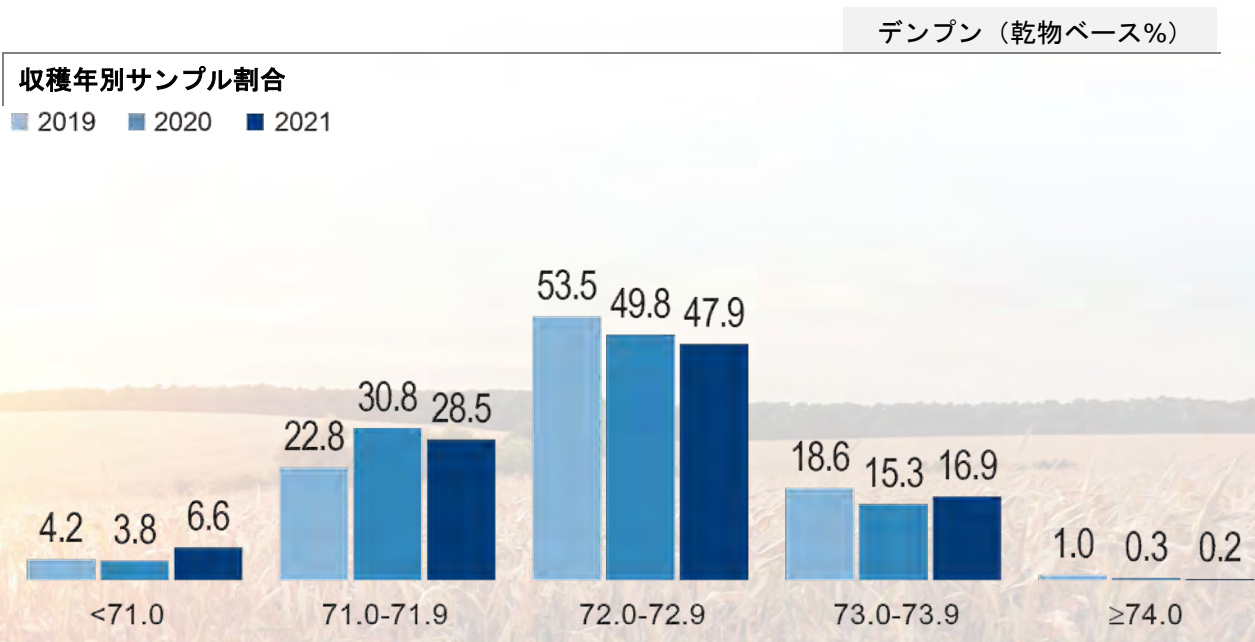
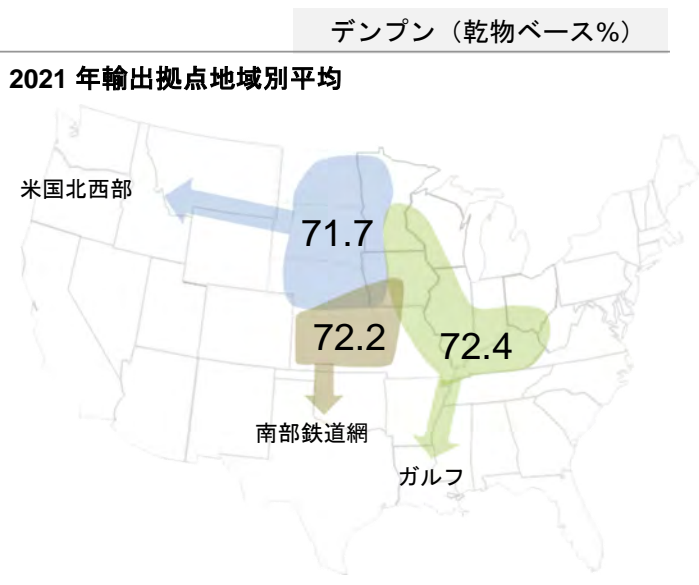
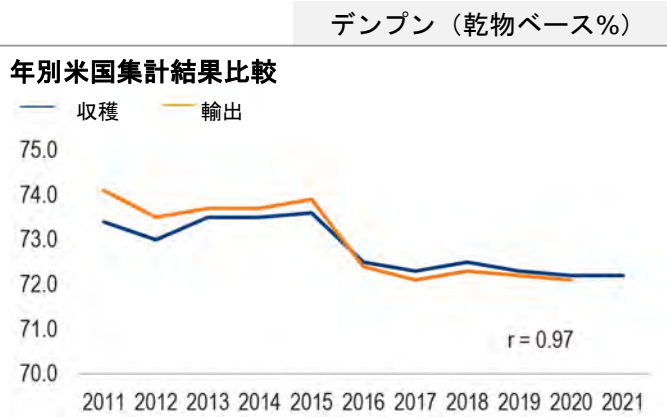
- 2021年の米国集計デンプン含量の平均（乾物比72.2%）は2020年（72.2%）と同じであるが、2019年（72.3%）、5YA（72.4%）および10YA（72.9%）を下回っている。
- 2021年の米国集計デンプン標準偏差の値（0.54%）は2020年（0.61%）、2019年（0.58%）5YA（0.61%）および10YA（0.62%）を下回っている。
- 2021年のデンプン含量のばらつき幅（68.8~74.0%）は2020年（69.7~74.5%）および2019年（69.8~74.4%）と同程度である。
- 2021年のデンプン含量の分布では、72.0%未満のものがサンプルの35.1%を占め、72.0~72.9%のものが47.9%、73.0%以上のものが17.1%を占めている。この分布は、2021年のサンプルが2020年とほぼ同じレベルにあることを示している。

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」の間には、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。相関係数が高い ($r=0.97$) のはこの一貫性を示している。
- 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 72.4%、71.7% および 72.2% である。2021 年、2020 年、2019 年、5YA および 10YA のいずれでも、ガルフ ECA のデンプン含量は最も高く、タンパク質含量は最も低いか最も低い値で並んでいる。



油分

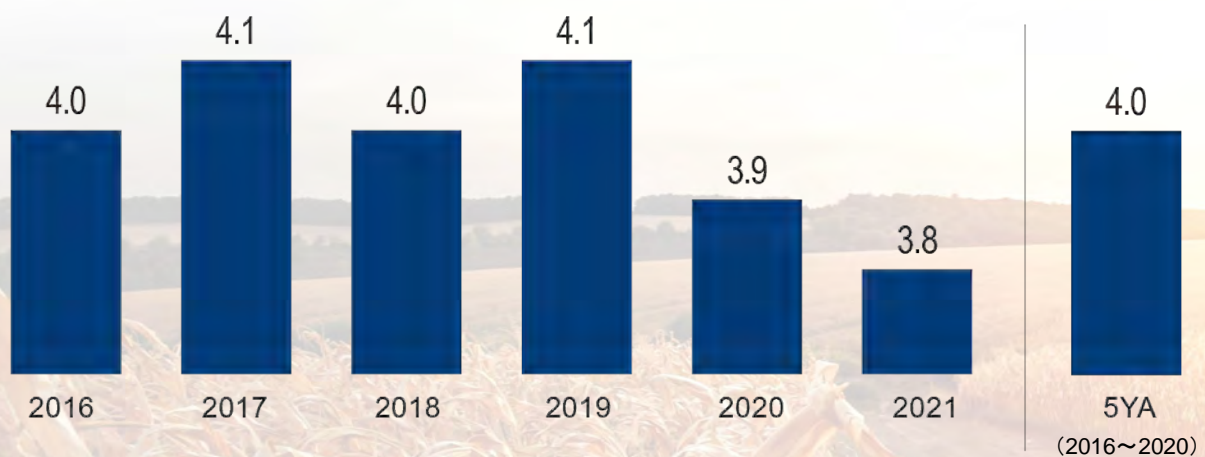
油分は家禽類および家畜用の飼料にとって必須の成分です。油分はエネルギー源であり、脂溶性ビタミンを利用可能にし、特定の必須脂肪酸をもたらします。油分はトウモロコシのウェットミリングおよびドライミリング工程の重要な併産物でもあります。報告結果は乾物ベースの値です。

結果

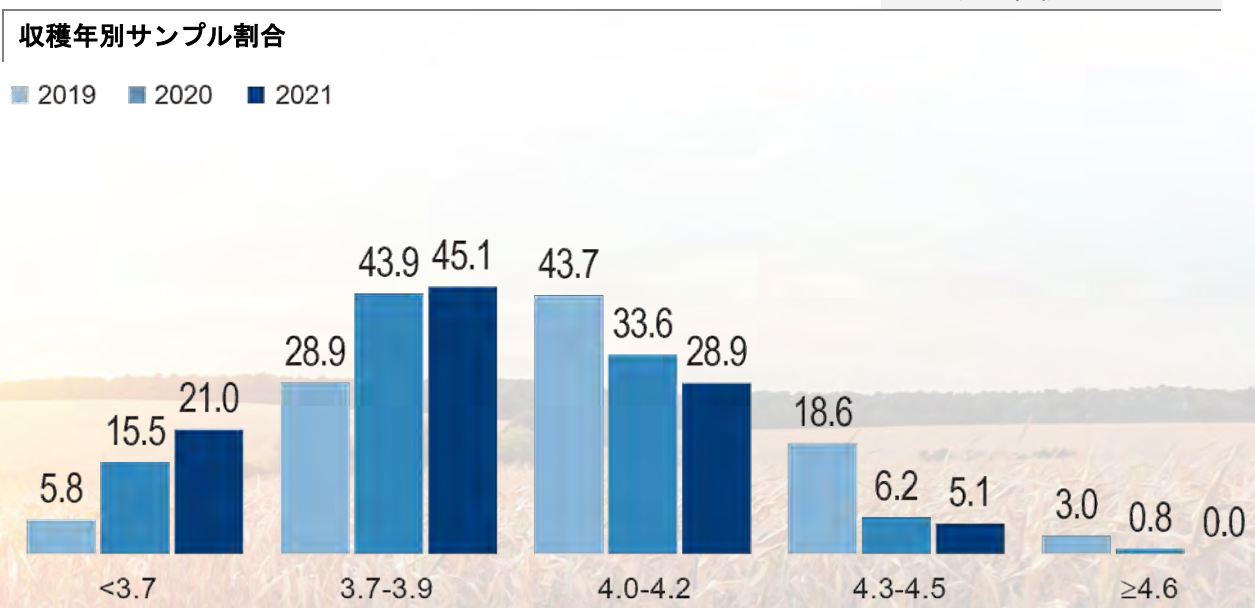
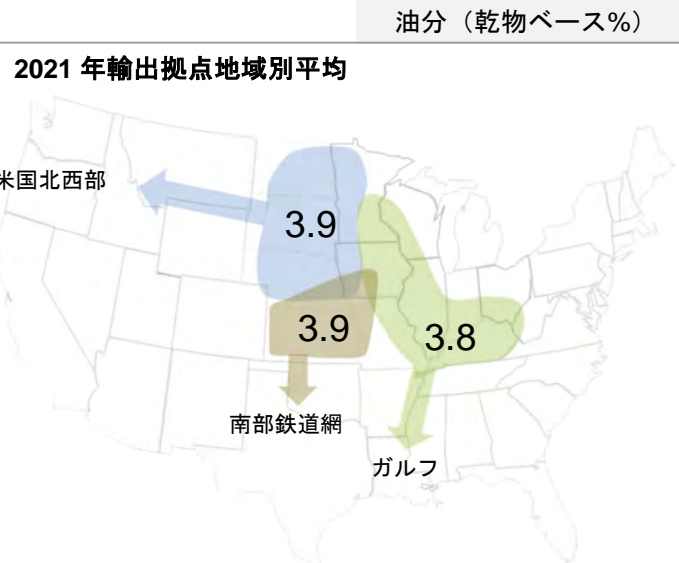
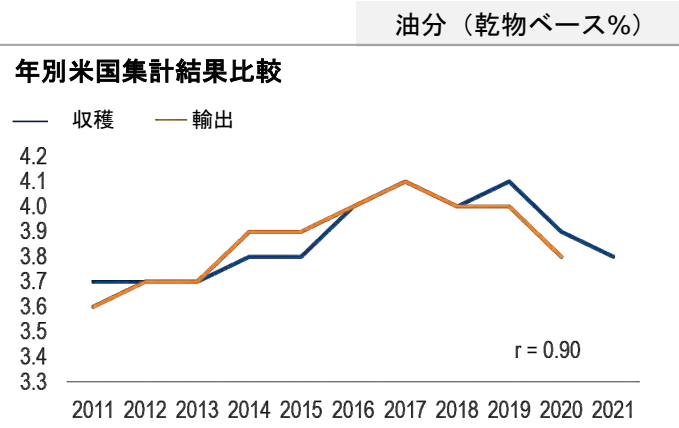
- 2021年の米国集計油分含量の平均値（3.8%）は2020年（3.9%）、2019年（4.1%）、5YA（4.0%）および10YA（3.9%）を下回っている。
- 2021年の米国集計油分含量の標準偏差（0.23%）は2020年、5YA（いずれも0.22%）とほぼ同じ、2019年（0.23%）と同じであり10YA（0.27%）を下回っている。
- 2021年の油分含量のばらつき幅（3.0~4.5%）は2020年（3.2~4.8%）および2019年（3.2~5.0%）と同程度である。
- 2021年の油分含量の分布では、3.7%未満のものがサンプルの21.0%を占め、3.7~4.2%のものが74.0%、4.3%以上のものが5.1%を占めている。2021年と2020年の分布をみると、油分含量が4.0%以上である2021年のサンプル数は2020年よりも少ないことがわかる。

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」の間には、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油分含量を示している。相関係数が高い ($r=0.90$) のはこの一貫性を示している。
- 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それぞれ 3.8%、3.9%および 3.9%である。2021年、2020年、2019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。



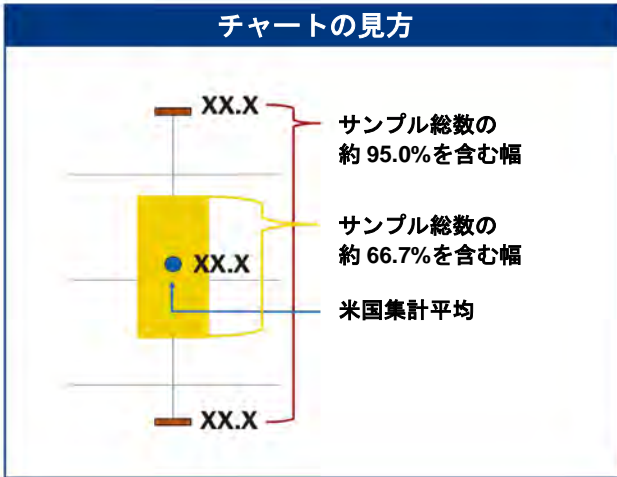
まとめ：化学的ファクター

	2021収穫					2020収穫		2019収穫		5年平均 (2016~2020)		10年平均 (2011~2020)	
	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%）	610	8.4	0.53	6.4	11.8	8.5	0.58	8.3*	0.54	8.5*	0.54	8.6*	0.57
デンプン（乾物ベース%）	610	72.2	0.54	68.8	74.0	72.2	0.61	72.3*	0.58	72.4*	0.61	72.9*	0.62
油分（乾物ベース%）	610	3.8	0.23	3.0	4.5	3.9*	0.22	4.1*	0.23	4.0*	0.22	3.9*	0.27
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%）	544	8.2	0.52	6.4	11.4	8.4*	0.56	8.2	0.54	8.4*	0.52	8.5*	0.56
デンプン（乾物ベース%）	544	72.4	0.53	69.3	74.0	72.3*	0.60	72.4	0.58	72.5	0.60	73.0*	0.62
油分（乾物ベース%）	544	3.8	0.24	3.0	4.5	3.9*	0.23	4.0*	0.24	4.0*	0.23	3.9*	0.28
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%）	292	8.9	0.53	6.9	11.8	8.5*	0.63	8.2*	0.54	8.6*	0.58	8.7*	0.59
デンプン（乾物ベース%）	292	71.7	0.53	68.8	73.5	72.2*	0.65	72.2*	0.58	72.2*	0.63	72.8*	0.62
油分（乾物ベース%）	292	3.9	0.21	3.2	4.5	3.9*	0.21	4.1*	0.25	4.1*	0.22	3.8*	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%）	360	8.5	0.53	6.5	10.8	8.7*	0.54	8.6	0.54	8.7*	0.54	8.8*	0.58
デンプン（乾物ベース%）	360	72.2	0.57	69.3	73.8	72.1	0.58	72.2	0.56	72.2*	0.60	72.7*	0.62
油分（乾物ベース%）	360	3.9	0.22	3.1	4.5	3.9	0.21	4.0*	0.21	4.0*	0.21	3.9	0.26

*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 2021 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



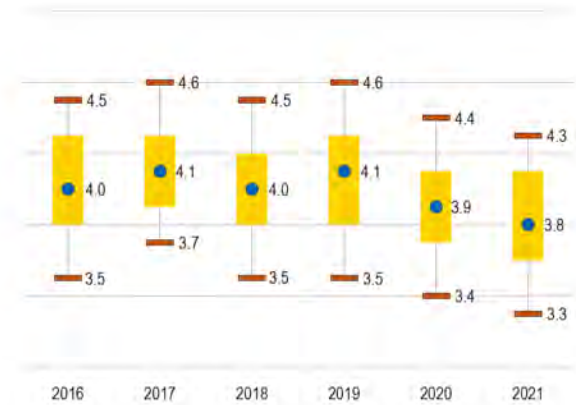
タンパク質 (乾物ベース%)



デンプン (乾物ベース%)



油分 (乾物ベース%)

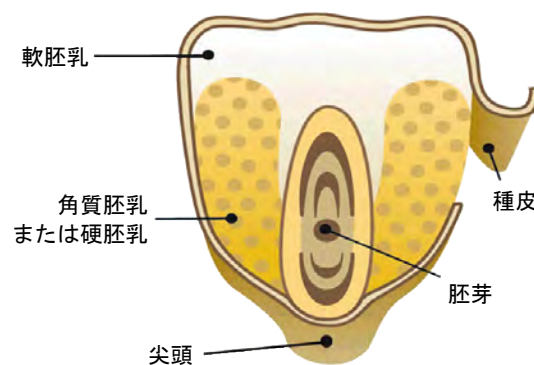


D. 物理的ファクター

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す。

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

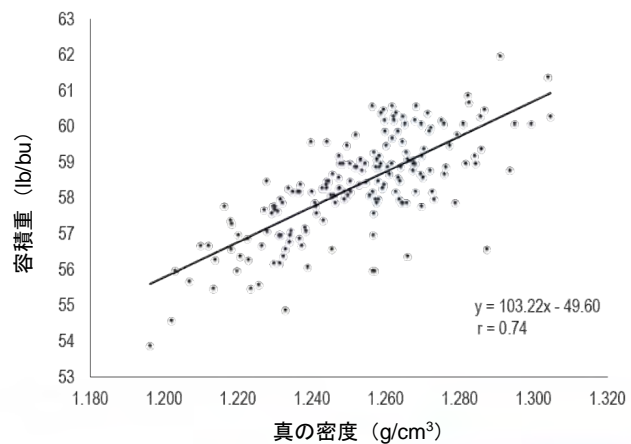
概要：物理的ファクター

- 2021年の米国集計ストレスクラックの平均値（5.1%）は2020年（5.8%）、2019年（8.6%）および5YA（5.7%）を下回っているが、10YA（5.5%）とほぼ同じである。これは、2021年の損傷しやすさが2020年、2019年および5YAを下回る可能性を示唆している。
- ECAをみると、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 5.9%、4.3%、4.0%である。2021年、2020年、2019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 の中で最も低いか、最も低い値で並んでいる。
- 2021年の米国集計の百粒重平均値（34.98 g）は2020年（34.53 g）、2019年（34.60 g）、5YA（35.09 g）および10YA（34.49 g）とほぼ同じである。
- 2021年の米国集計穀粒容積平均値は 0.28 cm³ であり、これは2020年（0.27 cm³）とほぼ同じ、2019年と5YA（いずれも 0.28 cm³）と同じで10YA（0.27 cm³）を上回っている。2021年、2020年、2019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。

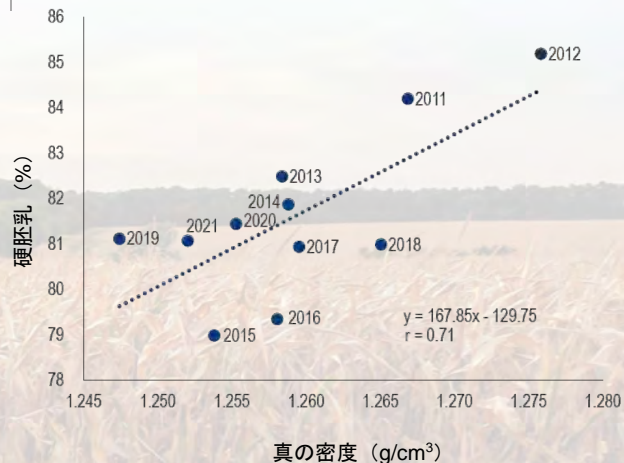
概要：物理的ファクター

- 2021年の米国集計の真の穀粒密度の平均値は 1.252 g/cm^3 で2020年 (1.255 g/cm^3) とほぼ同じであり、2019年 (1.247 g/cm^3) を上回り、5YA (1.257 g/cm^3) と10YA (1.260 g/cm^3) を下回っている。
- 2021年、2020年、2019年、5YA および 10YA のいずれにおいても、すべてのECAの中で米国北西部 ECA の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。下図に示すように、容積重は真の密度の影響を受ける ($r = 0.74$)。容積重は、水分含量、種皮の損傷（完全粒）、破損およびその他のファクターの影響も受ける。2021年の容積重は 58.3 lb/bu 、真の密度は 1.252 g/cm^3 である。過去3年間の真の密度と容積重の平均値はいずれも2020年が最も高く、2021年はそれより低く、2019年が最も低い。
- 2021年の米国集計完全粒の平均値は 92.3% で2020年 (92.5%)、5YA (92.3%) とほぼ同じであり、2019年 (90.8%) を上回っているが、10YA (93.0%) を下回っている。
- 2021年の米国集計の硬胚乳の平均値 (81%) は2020年、2019年および5YAと同じであるが、10YA (82%) を下回っている。
- 右図は過去11年にわたる米国集計の硬胚乳率および真の密度の平均値を示している。この図から、米国集計の硬胚乳率平均値は真の密度とともに増加することがわかる ($r = 0.71$)。したがって、真の密度の平均値が高い年には硬胚乳率が高い傾向がある。

容積重と真の密度の相関
2021年米国集計



硬胚乳と真の密度の相関
11年間の米国集計



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。

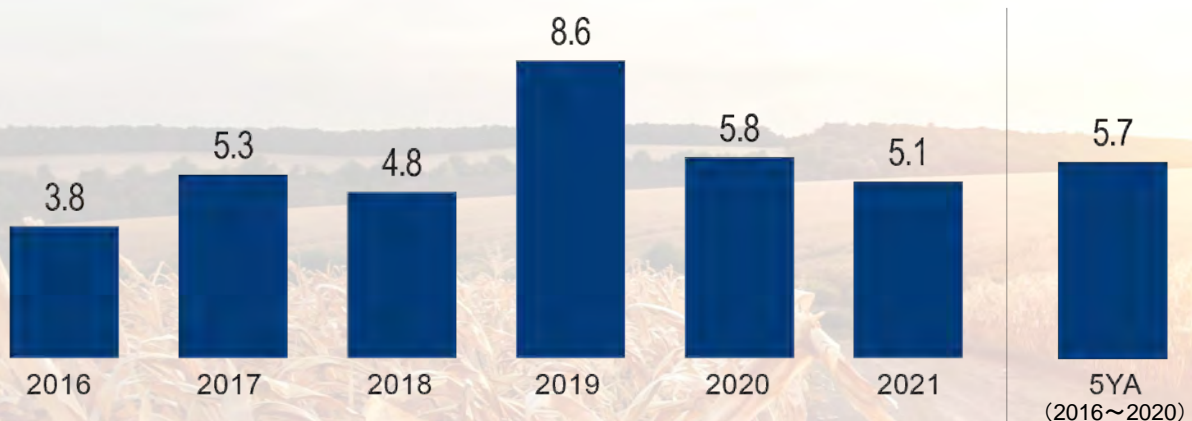
ドライミリング：大型フレーキンググリッツの収量が低下する。

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ますが、こうした要素は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。

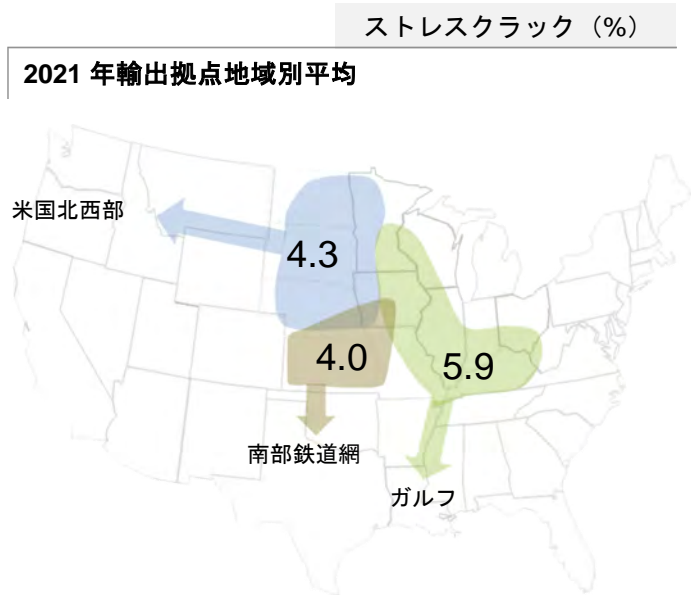
ストレスクラック (%)

米国集計結果の概要



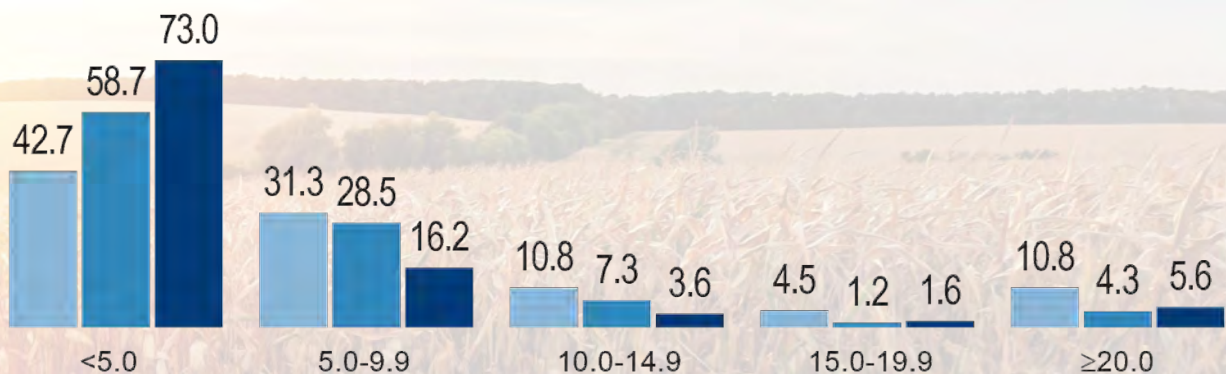
結果

- 2021年の米国集計のストレスクラック率の平均値は5.1%で、2020年(5.8%)、2019年(8.6%)および5YA(5.7%)を下回っているが、10YA(5.5%)と同等である。
- 2021年の米国集計ストレスクラック率の標準偏差(6.0%)は2020年(5.1%)を上回り、2019年(7.5%)を下回り、5YA(6.4%)および10YA(6.3%)と同等である。
- 2021年のストレスクラック率5.0%未満のサンプルの割合(73.0%)は2020年(58.7%)および2019年(42.7%)を上回っている。ストレスクラック率の分布は、2021年のトウモロコシの破損しやすさがその前の2年を下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5.9%、4.3%および4.0%である。2021年、2020年、2019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。
- 2021年は、トウモロコシの多くの作付が時宜を得て行われたため、良好な乾燥状態で予定どおり収穫が行われた。このため、人工乾燥の必要性が薄れ、結果としてストレスクラックの可能性が低く抑えられた。



収穫年別サンプル割合

■ 2019 ■ 2020 ■ 2021



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、「2021/2022 年収穫時報告書」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

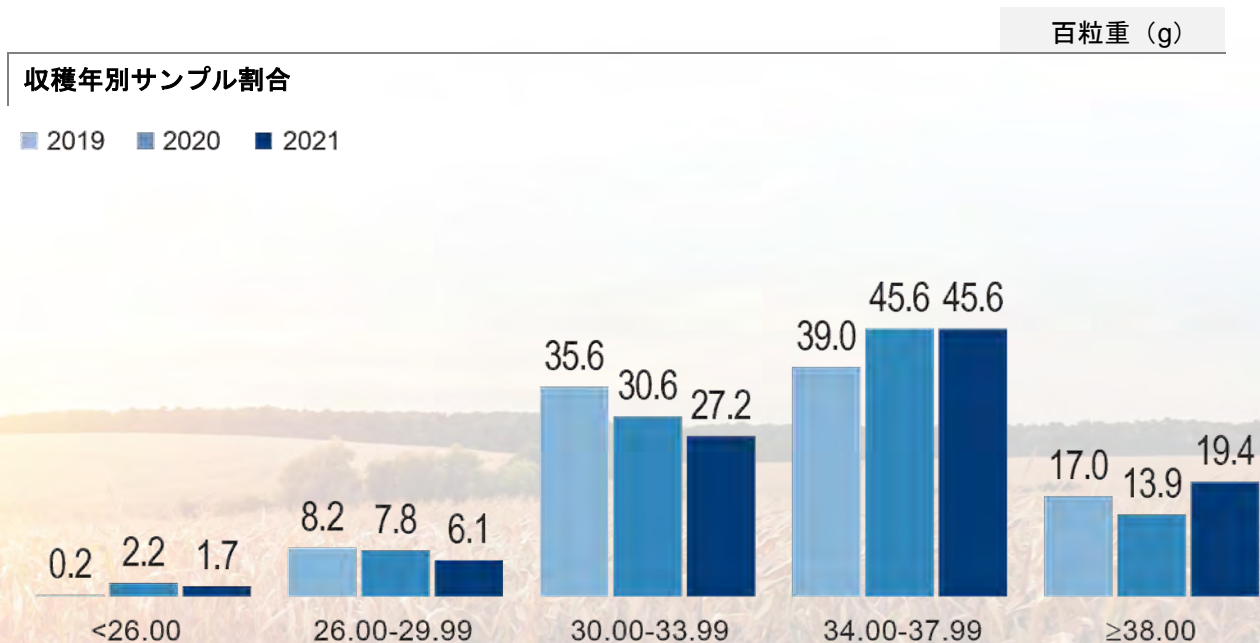
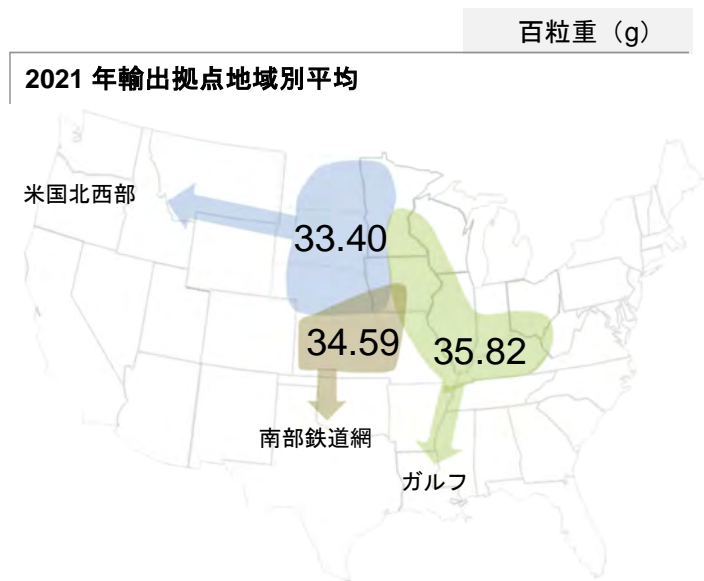
- 2021 年米国集計百粒重平均値は 34.98 g であり、これは 2020 年（34.53 g）、2019 年（34.60 g）、5YA（35.09 g）および 10YA（34.49 g）とほぼ同じである。
- 2021 年米国集計百粒重のばらつき（標準偏差 3.50 g）は 2020 年（3.64 g）とほぼ同じであり、2019 年（2.84 g）、5YA（2.78 g）および 10YA（2.75 g）を上回っている。

百粒重 (g)

米国集計結果の概要



- 2021年の百粒重のばらつきの幅（23.52～43.87 g）は2020年（22.32～43.18 g）および2019年（25.11～43.93 g）と同程度である。
- 2021年の百粒重の分布をみると、百粒重 34.0 g 以上のものがサンプルの 65.0%を占め、これに対し2020年は 59.5%、2019年は 56.0%である。この分布は、2021年のサイズの大きな穀粒の割合が2020年および2019年よりも高いことを示している。
- 米国北西部 ECA の平均百粒重が最も軽く（33.40 g）、これに対しガルフ ECA は 35.82 g、南部鉄道網 ECA は 34.59 g である。2021年、2020年、2019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（ cm^3 ）単位で表示します。穀粒容積は、多くの場合生育状況の指標となります。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、「2021/2022 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

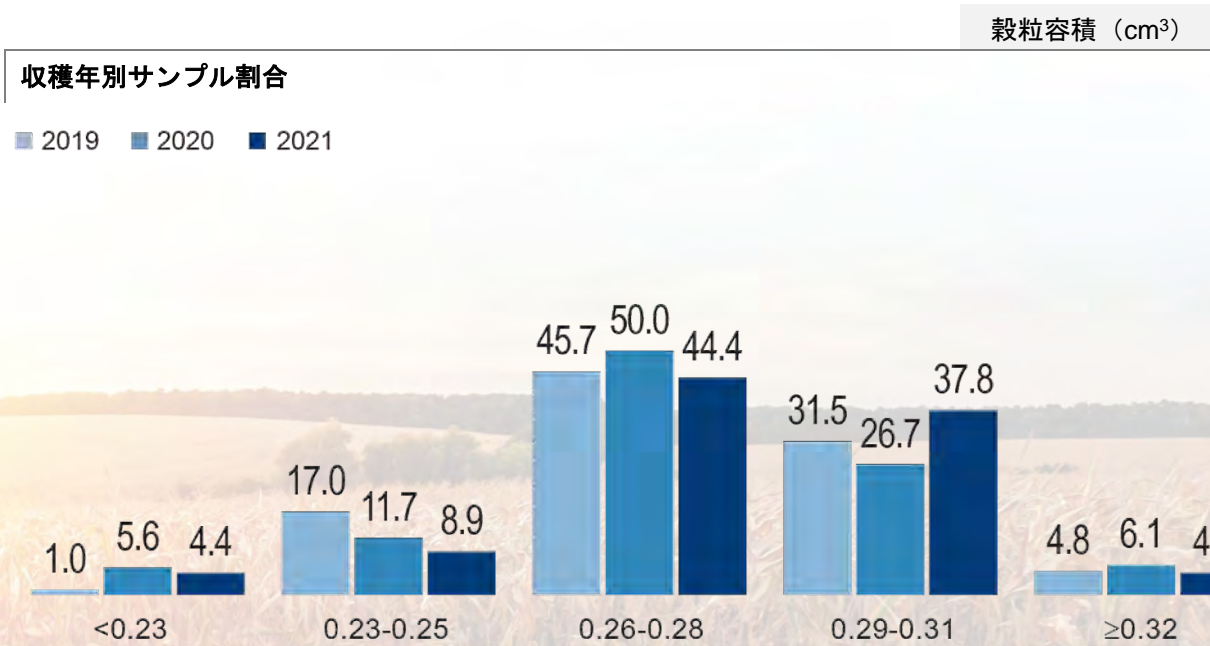
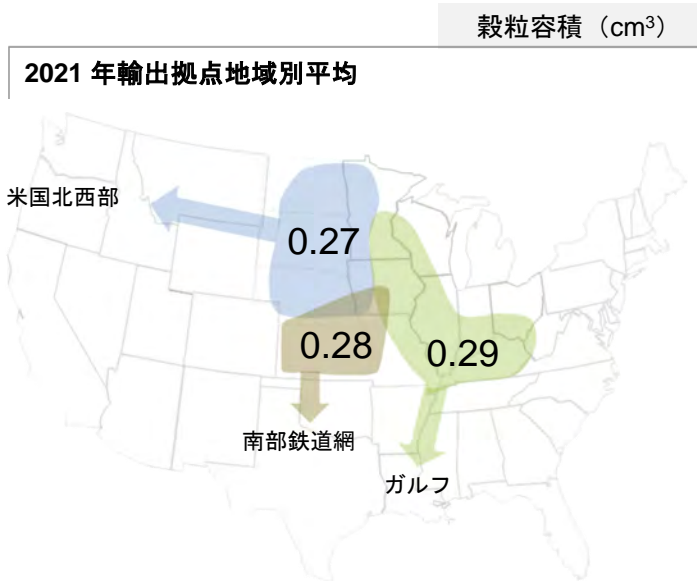
- 2021 年の米国集計穀粒容積の平均値は 0.28 cm^3 で 2020 年 (0.27 cm^3) とほぼ同じ、2019 年および 5YA (いずれも 0.28 cm^3) と同じで 10YA (0.27 cm^3) を上回る。
- 2021 年と 2020 年の米国集計穀粒容積の標準偏差は 0.03 cm^3 で、2019 年、5YA および 10YA (いずれも 0.02 cm^3) を上回る。

穀粒容積 (cm^3)

米国集計結果の概要



- 2021年の穀粒容積のばらつき幅 (0.19~0.35 cm³) は2020年 (0.19~0.33 cm³) および2019年 (0.22~0.34 cm³) とほぼ同じである。
- 2021年の穀粒容積の分布では、穀粒容積が0.29 cm³以上のものがサンプルの42.2%を占め、これに対し2020年は32.8%、2019年は36.3%である。この分布は2021年のサイズの大きな穀粒の割合が2020年および2019年の割合をわずかに上回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の穀粒容積の平均はそれぞれ0.29、0.27、および0.28 cm³である。2021年、2020年、2019年、5YAおよび10YAのいずれにおいても、米国北西部ECAの穀粒容積平均が3ECAの中で最も小さい。



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。

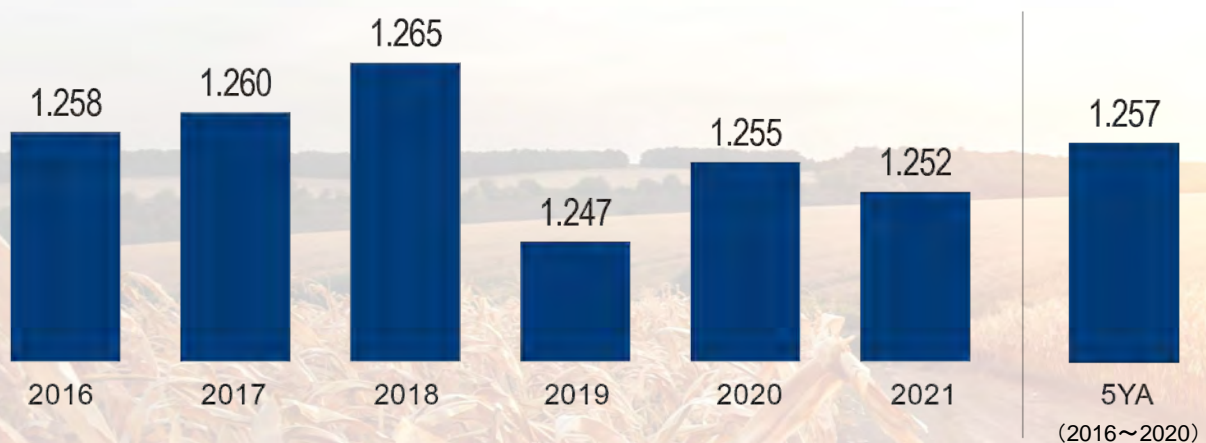
「2020/2021 年収穫時報告書」から、マイコトキシン試験用のサンプルに限定して、真の密度を計算するのに必要な 2 つの分析試験である百粒重および穀粒容積試験が実施されることになりました。このプロトコルにより、「2021/2022 年収穫時報告書」では真の密度の結果を調べるサンプル数が 180 に減りましたが、この品質ファクターの相対許容誤差は目標精度レベルである 10.0% 以下をはるかに下回ったままになると予想されました。この調査に用いたサンプリング基準の詳細は「調査および統計分析の方法」のセクションに記載されています。

結果

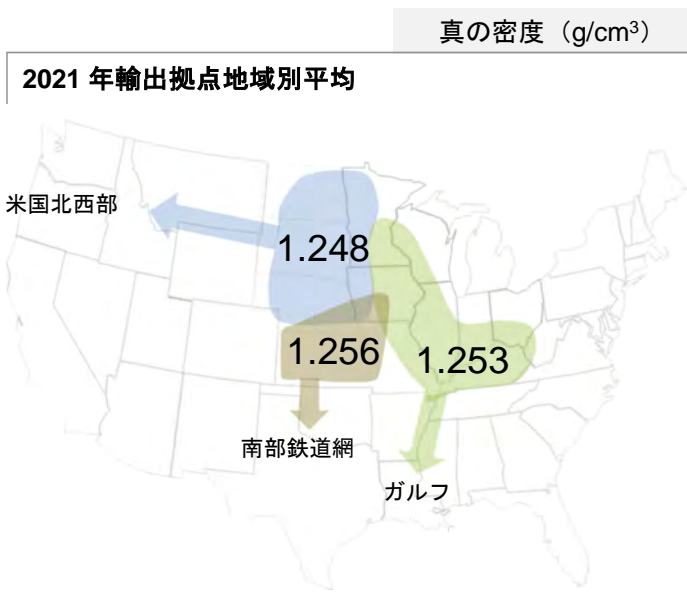
- 2021 年の米国集計の真の穀粒密度の平均値 (1.252 g/cm³) は 2020 年 (1.255 g/cm³) とほぼ同じであり、2019 年 (1.247 g/cm³) を上回るが 5YA (1.257 g/cm³) および 10YA (1.260 g/cm³) は下回っている。過去 11 年にわたり、真の密度はタンパク質含量が多いほど上昇する (相関係数は 0.87) 傾向にある。

真の密度 (g/cm³)

米国集計結果の概要

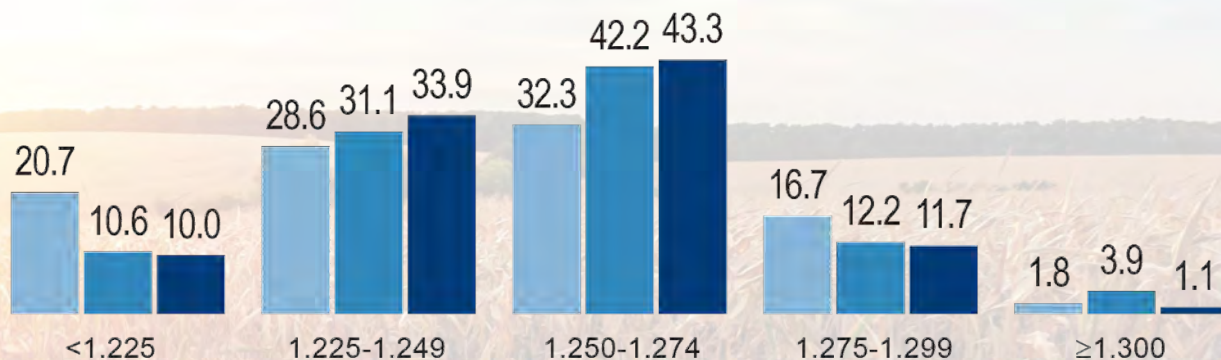


- 2021 年の標準偏差に基づく米国集計の真の密度のばらつき (0.021 g/cm³) は 2020 年 (0.023 g/cm³)、2019 年 (0.021 g/cm³)、5YA および 10YA (いずれも 0.019 g/cm³) とほぼ同じである。
- 2021 年の真の密度のばらつきの幅は 1.196~1.305 g/cm³ で、これに対し 2020 年は 1.171~1.312 g/cm³、2019 年は 1.116~1.322 g/cm³ である。
- 2021 年のサンプル中、真の密度が 1.275 g/cm³ 以上のものは約 12.8% で、これに対し 2020 年は 16.1%、2019 年は 18.5% である。多くの場合、1.275 g/cm³ を超え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、この穀粒分布は従来の年と比べて比較的柔らかいトウモロコシを示唆している。
- 2021 年のガルフ ECA、米国北西部 ECA および南部鉄道網 ECA の真の密度の平均値はそれぞれ 1.253、1.248、1.256 g/cm³ である。2021 年、2020 年、2019 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

■ 2019 ■ 2020 ■ 2021



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。

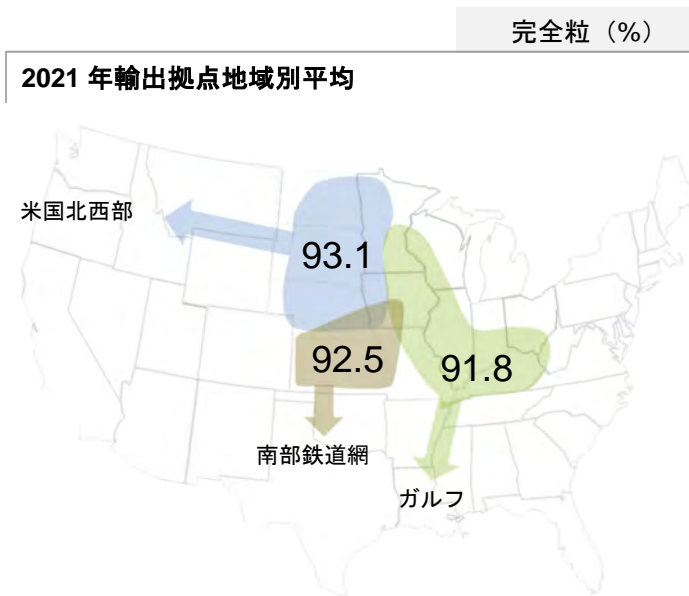
第二に、穀粒が無傷で完全であると保管中にカビが発生しにくく、取扱い中の破損も少なくなります。軟質トウモロコシよりも硬胚乳の方が完全粒の維持に適していますが、完全粒を提供するために最も重要なファクターは収穫・取扱いです。このファクターはコンバインの適切な調整に始まり、次に圃場からエンドユーザーに届けられるまでに必要なコンベヤーや取扱い作業の回数によって穀粒が受ける衝撃の程度です。その後の取扱いのひとつひとつがさらなる損傷につながります。水分含量が低下し、落下高さか、穀粒が衝撃を受けるときの速度が増すに従って、実際の損傷の量は飛躍的に増加することになります⁵。さらに、通常は水分含量の高い状態（例え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

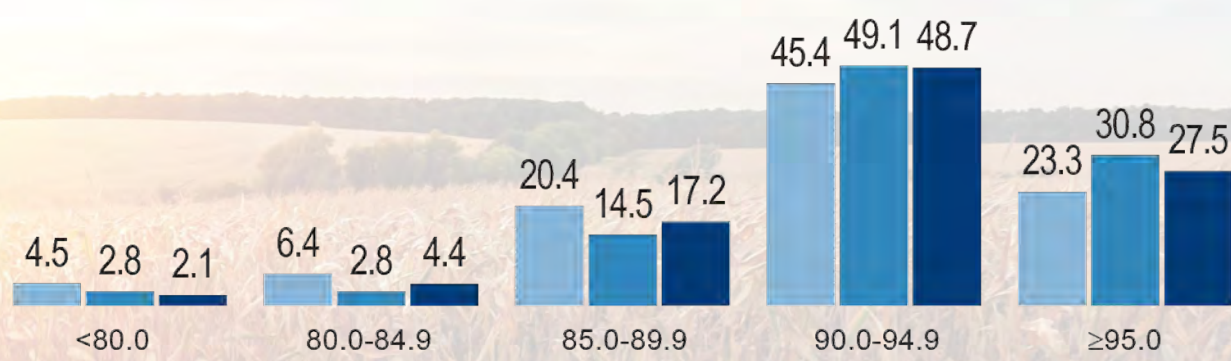
- 2021年の米国集計完全粒平均値は92.3%で2020年(92.5%)および5YA(92.3%)とほぼ同じであり、2019年(90.8%)を上回るが10YA(93.0%)は下回っている。
- 2021年の完全粒の標準偏差(3.7%)は2010年(3.9%)、2019年(4.2%)、5YA(3.7%)および10YA(3.6%)とほぼ同じである。
- 2021年の完全粒のばらつき幅(72.0~99.4%)は、2020年(35.8~99.6%)および2019年(25.4~99.6%)より小さい。
- 2021年のサンプル中、完全粒が90.0%以上のものが76.2%を占め、これに対し2020年は79.9%、2019年は68.7%である。この分布は2021年および2020年のサンプルの完全粒の割合が2019年のサンプルを上回ってい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 の完全粒平均値はそれぞれ 91.8%、93.1%、および 92.5%である。



完全粒 (%)

収穫年別サンプル割合

■ 2019 ■ 2020 ■ 2021



硬胚乳

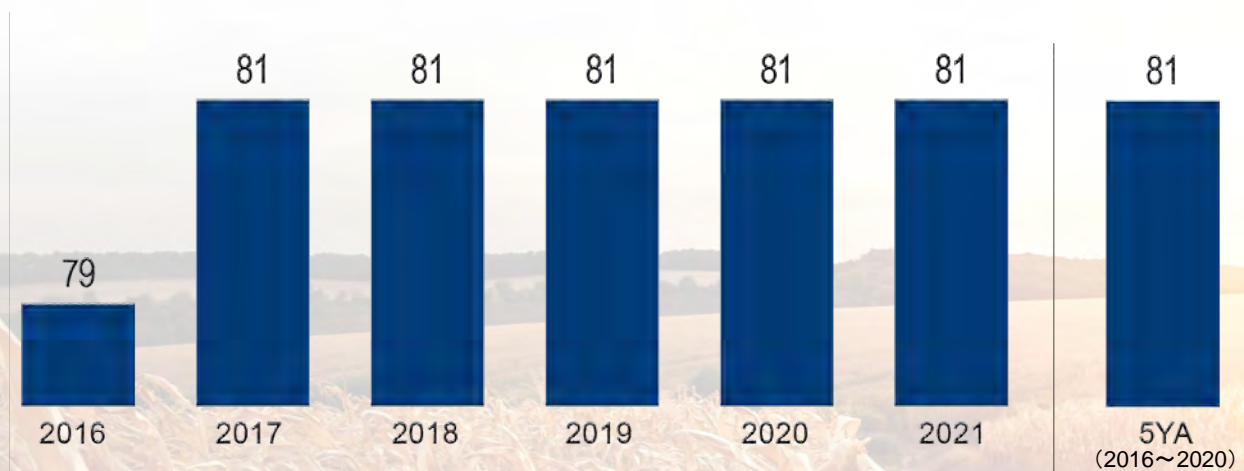
硬胚乳試験では穀粒の全胚乳中に硬胚乳が占める割合を測定しますが、この値は通常 70~100%の間となります。軟胚乳と比較して硬胚乳の量が多いほどトウモロコシ粒は硬くなると言われています。加工の種類によって硬さの程度が重要になってきます。ドライミリングで加工される大型フレーキンググリッツの収率を高くするためには硬いトウモロコシが必要です。アルカリ処理には中~高程度の硬さのトウモロコシが望ましく、ウェットミリングや家畜飼料には低~中程度の硬さのトウモロコシが用いられます。硬さは破損しやすさ、飼料効率およびデンプン消化率と相関関係があります。軟質の粉状胚乳では硬胚乳ほどストレスクラックを生じる内部ス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な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、「2021/2022 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。

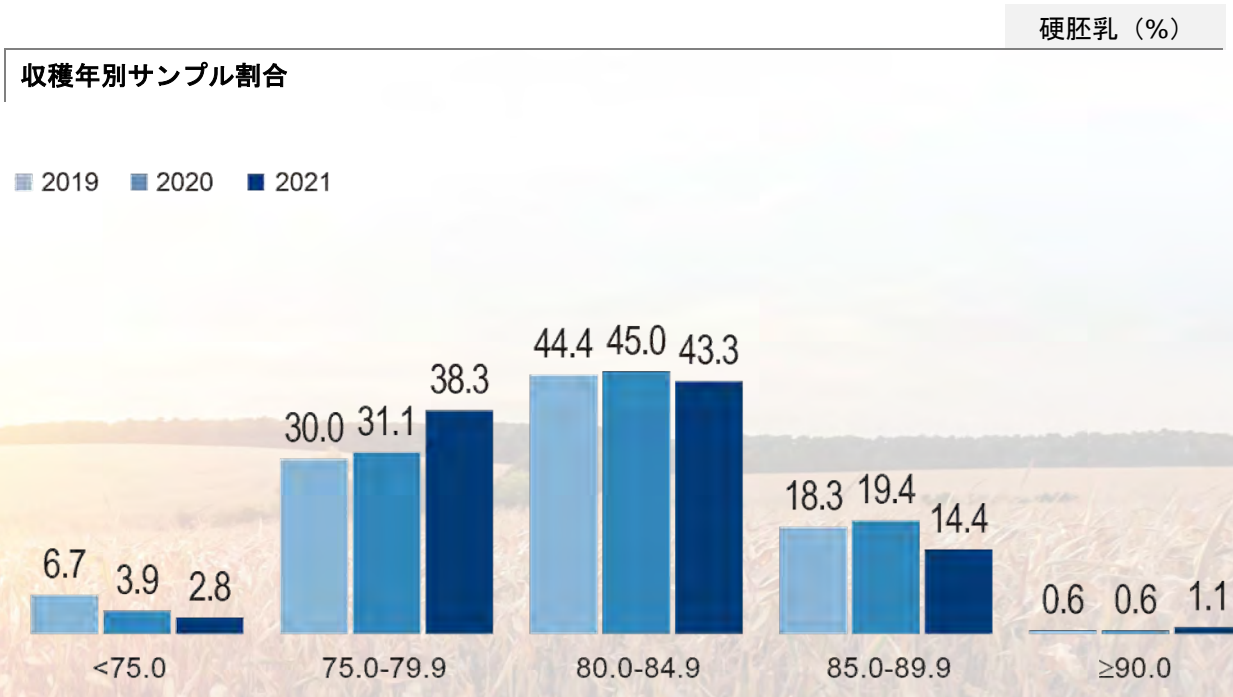
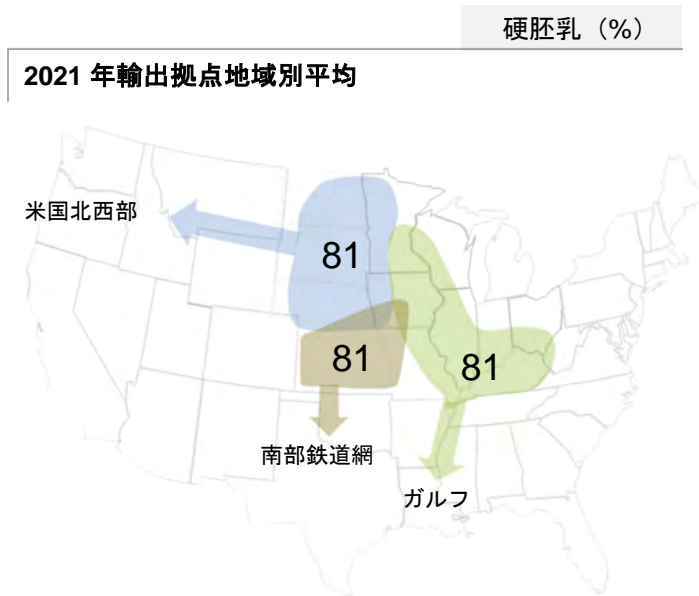
硬胚乳 (%)

米国集計結果の概要



結果

- 2021 年の米国集計硬胚乳率の平均（81%）は 2020 年、2019 年および 5YA（80%）と同じであるが、10YA（82%）を下回っている。
- 2021 年、2020 年、5YA および 10YA の米国集計硬胚乳率の標準偏差は 4%であるが、2019 年（3%）を上回っている。
- 2021 年の硬胚乳率のばらつき幅（72~90%）は 2020 年（72~92%）および 2019 年（71~96%）とほぼ同じである。
- 2021 年のサンプル中、硬胚乳率が 80%を超えるものは 58.8%で、2020 年（65.0%）および 2019 年（63.3%）を下回っている。
- 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すべて 81%である。2021 年、2020 年、2019 年、5YA および 10YA のいずれにおいても、南部鉄道網 ECA の硬胚乳率平均値が全 ECA で最も低いか、最も低い値で並んでいる。



まとめ：物理的ファクター

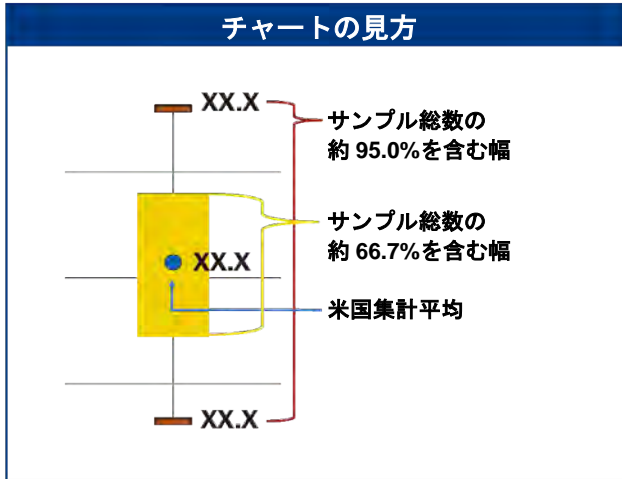
	2021収穫					2020収穫		2019収穫		5年平均 (2016~2020)		10年平均 (2011~2020)	
	サンプル 数 ¹	平均	標準 偏差	最小	最大	平均	標準 偏差	平均	標準 偏差	平均	標準 偏差	平均	標準 偏差
米国集計													
ストレスクラック (%)	610	5.1	6.0	0	82	5.8*	5.1	8.6*	7.5	5.7*	6.4	5.5	6.3
百粒重 (g)	180	34.98	3.50	23.52	43.87	34.53	3.64	34.60	2.48	35.09	2.78	34.49	2.75
穀粒容積 (cm ³)	180	0.28	0.03	0.19	0.35	0.27	0.03	0.28	0.02	0.28	0.02	0.27*	0.02
真の密度 (g/cm ³)	180	1.252	0.021	1.196	1.305	1.255	0.023	1.247*	0.021	1.257*	0.019	1.260*	0.019
完全粒 (%)	610	92.3	3.7	72.0	99.4	92.5	3.9	90.8*	4.2	92.3	3.7	93.0*	3.6
硬胚乳 (%)	180	81	4	72	90	81	4	81	3	81	4	82*	4
ガルフ													
ストレスクラック (%)	544	5.9	6.8	0	82	6.9*	6.4	9.6*	8.5	6.0	7.0	5.9	6.9
百粒重 (g)	161	35.82	3.19	26.47	43.87	35.56	3.31	35.39	2.60	35.84	2.74	35.12*	2.74
穀粒容積 (cm ³)	161	0.29	0.02	0.21	0.35	0.28	0.02	0.28	0.02	0.28	0.02	0.28*	0.02
真の密度 (g/cm ³)	161	1.253	0.021	1.196	1.305	1.259*	0.024	1.252	0.019	1.260*	0.019	1.262*	0.019
完全粒 (%)	544	91.8	3.9	74.4	99.4	92.2	4.2	91.5	3.8	92.4*	3.7	93.1*	3.6
硬胚乳 (%)	161	81	3	72	90	82*	4	81	3	81	4	82*	4
米国北西部													
ストレスクラック (%)	292	4.3	5.4	0	82	4.6	3.6	8.5*	7.3	6.0*	6.6	5.7*	6.0
百粒重 (g)	86	33.40	3.29	25.78	40.77	33.01	3.37	32.73	2.19	33.21	2.62	32.57*	2.58
穀粒容積 (cm ³)	86	0.27	0.03	0.21	0.33	0.26	0.03	0.27	0.02	0.27	0.02	0.26*	0.02
真の密度 (g/cm ³)	86	1.248	0.018	1.210	1.286	1.247	0.022	1.229*	0.025	1.247	0.020	1.250	0.020
完全粒 (%)	292	93.1	3.3	72.0	99.4	92.9	3.9	88.9*	5.2	92.0*	3.9	92.7	3.7
硬胚乳 (%)	86	81	4	75	90	81	4	80*	3	80*	3	81	4
南部鉄道網													
ストレスクラック (%)	360	4.0	4.3	0	74	4.7*	3.8	5.8*	4.6	4.0	4.5	3.9	4.3
百粒重 (g)	104	34.59	3.38	23.52	43.87	33.95	3.32	35.16	2.54	35.32*	2.80	34.77	2.80
穀粒容積 (cm ³)	104	0.28	0.03	0.19	0.35	0.27	0.02	0.28	0.02	0.28	0.02	0.27	0.02
真の密度 (g/cm ³)	104	1.256	0.021	1.196	1.305	1.258	0.021	1.262*	0.018	1.264*	0.018	1.265*	0.018
完全粒 (%)	360	92.5	3.8	74.4	99.0	92.7	3.5	91.7*	3.8	92.5	3.4	93.2*	3.3
硬胚乳 (%)	104	81	4	72	90	82	4	82*	3	81	4	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 2021 年との間で有意な差を示していることを意味する。

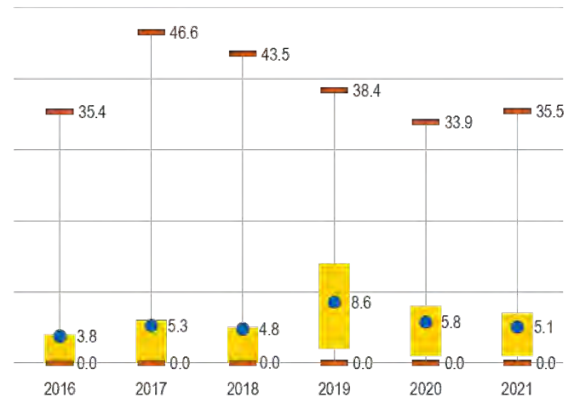
¹ ECA の結果は複合統計であるため、3ECA のサンプル数の合計は米国集計を超える。

² 収穫密度平均を予測する相対 ME が ±10% を超える。

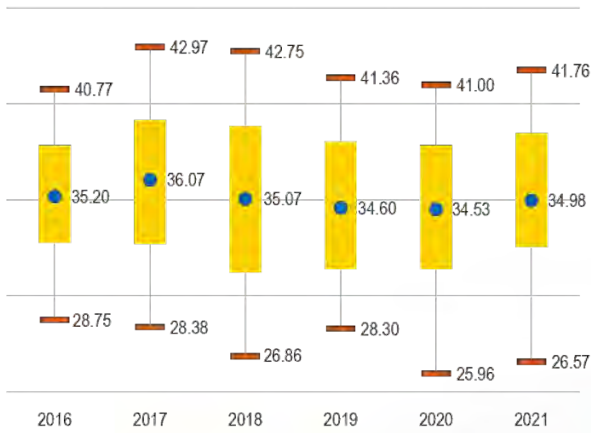
物理的ファクター
6年集計比較



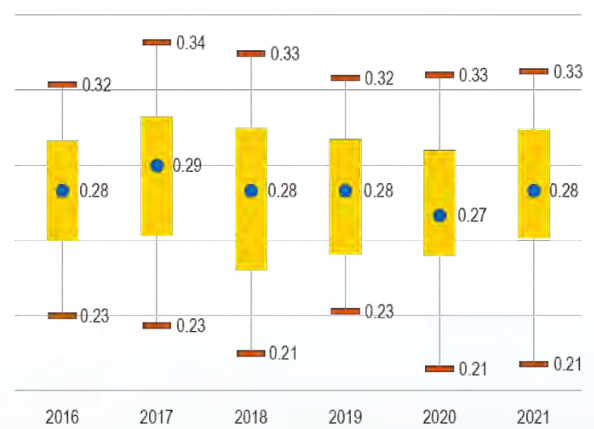
ストレスクラック (%)



百粒重 (g)



穀粒容積 (cm³)



物理的ファクター
6年集計比較

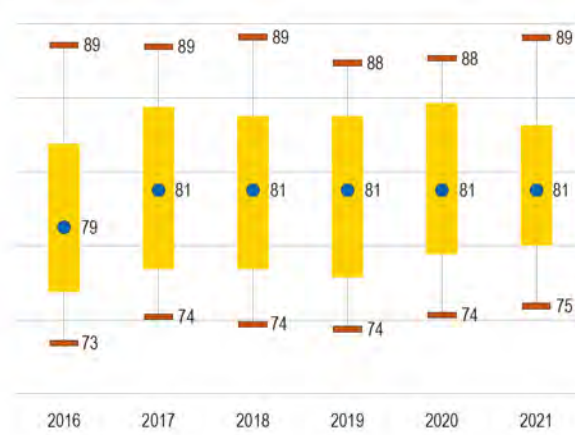
真の密度 (g/cm³)



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。

11年間の「収穫時報告書」のすべてにおいて、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暫定試験も実施し、「2021/2022年収穫時報告書」でも継続しました。

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、収穫時の当初のマイコトキシン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。「2021/2022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毛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てい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

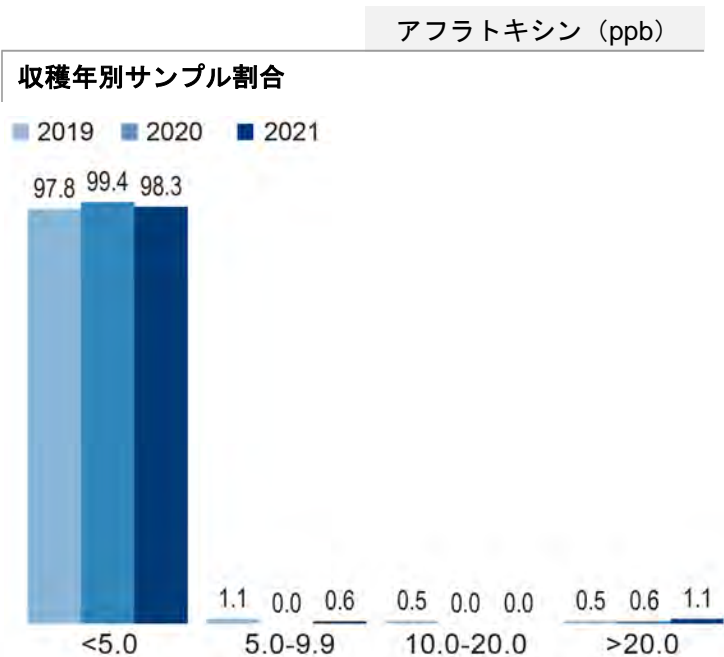
詳細情報については、米国穀物飼料協会のガイダンス文書「FDA Mycotoxin Regulatory Guidance」
(https://drive.google.com/file/d/1tqeS5_eOtsRmxZ5RrTnYu7NCIr896KGX/view) を参照してください。

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

2021 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 2020 年および 2019 年のアフラトキシン試験サンプル数はそれぞれ 180 と 182 でした。2021 年の調査結果は以下のとおりです。

- 180 のサンプル中 177 サンプル、すなわち 98.3%に検出可能レベルのアフラトキシンは認められなかった（FGIS 低準拠レベル 5.0 ppb 未満）。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 2020 年（99.4%）と 2019 年（97.8%）のサンプルの割合とほぼ同じである。
- 180 サンプル中 1 サンプル、すなわち 0.6%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 2020 年（0.0%）と 2019 年（1.1%）とほぼ同じである。
- 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 以下のサンプルはゼロ、すなわち 0%である。この割合は 2020 年（0.0%）と 2019 年（0.5%）とほぼ同じである。
- 180 サンプル中 2 サンプル、すなわち 1.1%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 を上回る。この割合は 2020 年（0.6%）と 2019 年（0.5%）とほぼ同じである。
- こうした 2020 年の試験結果は、180 サンプルのうち 178、すなわち 98.9%が FDA の規制レベルである 20.0 ppb 以下であることを示しており、これに対し 2020 年は試験サンプルの 99.4%および 2019 年は 99.5%である。



今年度の FGIS 低準拠レベルの 5.0 ppb を下回るサンプルの割合（98.3%）が比較的高いのは、ひとつに 2021 年の気象条件がアフラトキシン発生には不向きなものであったためと考えられます（2021 年の生育条件の詳細な情報については、「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毛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、そうすると様々な感染症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 基準 勧告レベル	
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

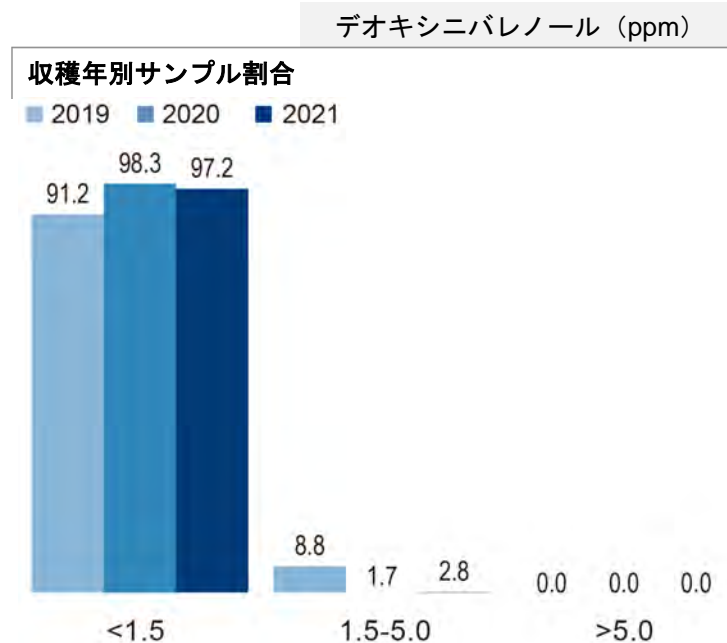
詳細情報については、米国穀物飼料協会のガイダンス文書「FDA Mycotoxin Regulatory Guidance」

(https://drive.google.com/file/d/1tqeS5_eOtsRmxZ5RrTnYu7NClr896KGX/view) を参照してください。

結果

2021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。これに対し 2020 年および 2019 年のデオキシニバレノール試験サンプル数はそれぞれ 180 と 182 でした。2021 年の調査結果は以下のとおりです。

- 試験対象の 180 サンプル中 175 サンプル、すなわち 97.2%が 1.5 ppm を下回っている。2021 年のこの割合は 2020 年（98.3%）とほぼ同じであり、2019 年（91.2%）を上回る。
- 試験対象の 180 サンプル中 5 サンプル、すなわち 2.8%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。2021 年のこの割合は 2020 年（1.7%）とほぼ同じであり、2019 年（8.8%）を下回る。



- 試験対象の 180 サンプル中、FDA の勧告レベルである 5.0 ppm を上回ったサンプルはゼロ、すなわち 0.0%で、これは 2020 年および 2019 年と同じである。

2021 年の試験対象サンプルのうち 1.5 ppm を下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にくかった 2021 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低減を目的に、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。

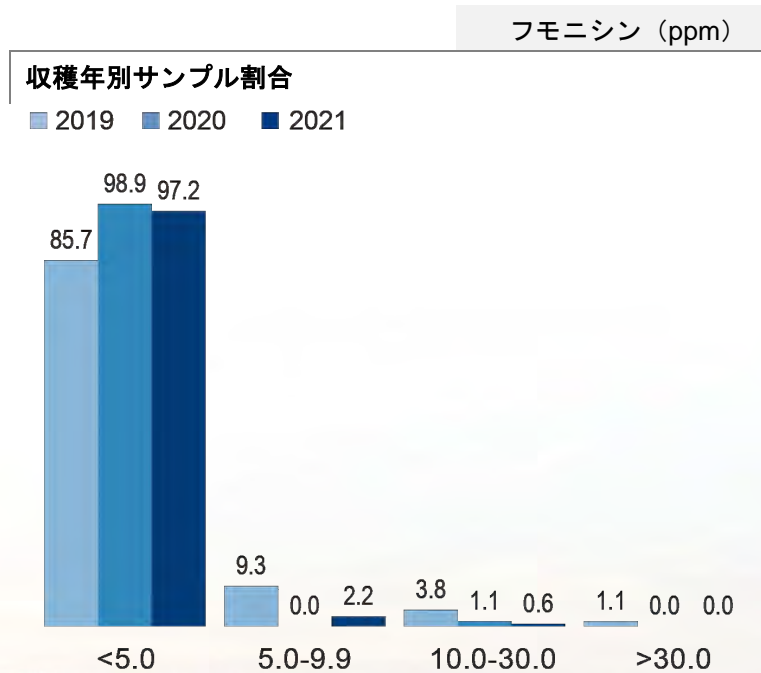
出典：www.ngfa.org

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_eOtsRmxZ5RrTnYu7NClr896KGX/view) を参照してください。

結果

2021 年は合計 180 のサンプルをまとめてフモニシン分析しました。フモニシンの試験を実施するのは今年度が 2 回目です。2021 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 175 サンプル、すなわち 97.2%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。2021 年のこの割合は 2020 年（98.9%）とほぼ同じであり、2019 年（85.7%）を上回っている。
- 試験対象 180 サンプル中 4 サンプル、すなわち 2.2%が 5.0 ppm 以上 10.0 ppm 未満である。2021 年のこの割合は 2020 年（0.0%）を上回っており、2019 年（9.3%）を下回っている。
- 試験対象 180 サンプル中 1 サンプル、すなわち 0.6%が 10.0 ppm 以上 30.0 ppm 未満である。2021 年のこの割合は 2020 年（1.1%）と 2019 年（3.8%）を下回っている。
- 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。2021 年のこの割合は 2020 年（0.0%）と同じであり、2019 年（1.1%）を下回っている。



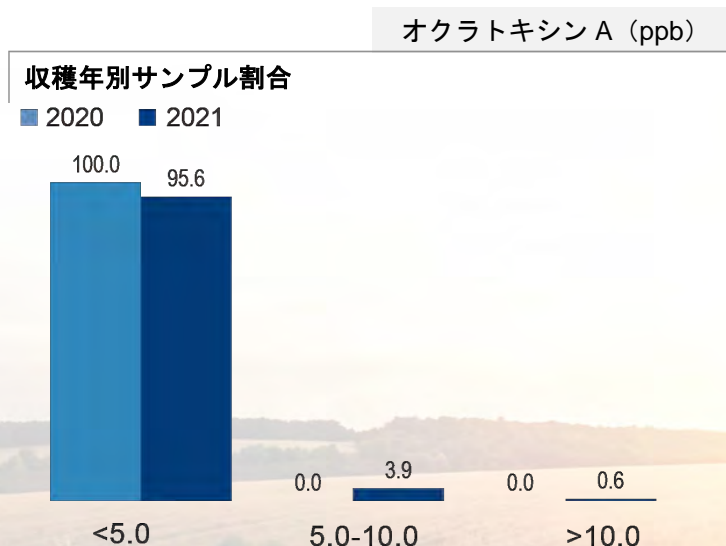
オクラトキシン A

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

本年は、調査サンプルでオクラトキシン A の試験を行って 2 年目になります。2021 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 172 サンプル、すなわち 95.6% 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。2021 年のこの割合は 2020 年 (100.0%) を下回っている。
- 試験したサンプル中、5.0 ppb 以上であるものの、10.0 ppb は上回っていないものは 7 サンプル、すなわち 3.9% である。2021 年のこの割合は 2020 年 (0.0%) を上回っている。
- 試験したサンプル中 10.0 ppb を上回ったものは 1 サンプル、すなわち 0.6% である。2020 年に試験したその年のサンプルで 10.0 ppb を上回ったものはなかった (0.0%)。



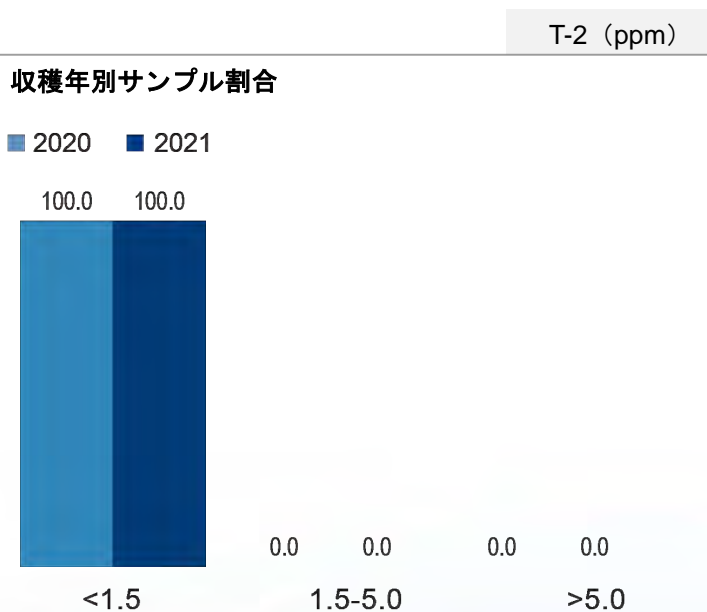
T-2

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℃）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

本年は、調査サンプルで T-2 の試験を行って 2 年目になります。2021 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。2021 年のこの割合は 2020 年と同じである。
- 試験したサンプル中、1.5 ppm 以上であるものの 5.0 ppm は上回っていないものはゼロ、すなわち 0.0% であり、これは 2020 年と同じである。
- 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 2020 年と同じである。



ゼアラレノン

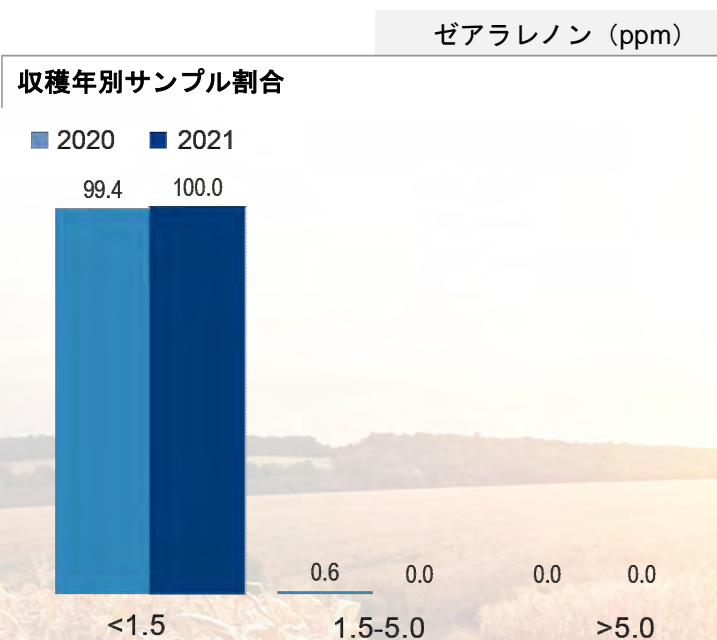
ゼアラレノンは、いくつかの例外を除く多くの点でデオキシニバレノール（DON）に非常に類似したマイコトキシンです。いずれもフザリウム属の菌類から産生されます。したがって、穀物と穀物製品内から両方のマイコトキシンが同時に見つかるのは珍しくありません。ゼアラレノンとデオキシニバレノールの産生に対する生育条件は非常に類似しており、最適温度範囲は 65～85° F です。生育中の温度低下もまた、菌類によるトキシンの産生を刺激します。菌類がゼアラレノンを産生するのに必要な水分含量は20%以上であり、この値もデオキシニバレノールの産生に必要な値と同程度です。一方、生育中に水分含量が15%未満に低下するとトキ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。

その他のマイコトキシンと同様に、対象サンプル（600）の少なくとも25%を試験してオクラトキシン A、T-2 およびゼアラレノンに対する本年の生育条件の影響を評価しました。サンプリング基準と用いた試験方法は、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

本年は、調査サンプルでゼアラレノンの試験を行って2年目になります。2021年にゼアラレノンについて行った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未満である。この割合は2020年（99.4%）とほぼ同じである。
- 試験したサンプル中、1.5 ppm以上であるものの5.0 ppmは上回っていないものはゼロ、すなわち0.0%である。この割合は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2020年と同じである。



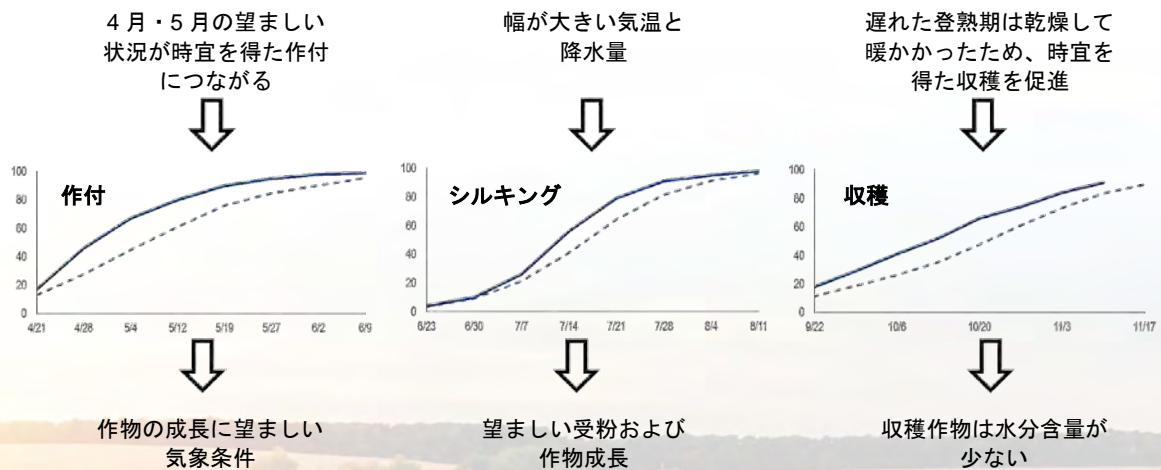
A. 2021 年収穫ハイライト

天候はトウモロコシの作付過程、生育条件、および圃場での穀粒の生育に大きな役割を果たしています。これがひいては最終的な収量や品質に多大な影響を及ぼすことになります。全体的に2021年の特徴はシーズン初期、受粉期間に手助けとなる降雨、暖かい登熟期間、素早いドライダウン、そして収穫でした。今年のトウモロコシの作付日は平年より早まり、全体的に暖かい生育シーズンを迎えましたが、重要な穀粒成長前期は涼しく、「良い」から「とても良い」の作柄¹となったトウモロコシはシーズンを通して5YAの近くで推移しました。気象条件により、トウモロコシの容積重と穀粒の大きさの平均値は10YA程度まで大きくなりました。下記に2021年生育期間の主要な内容をハイライトとしてまとめました。

- 温暖であるが乾燥した条件によって作付期間が5YAより1週間超早くなった後、低温で湿度の変化に富む栄養成長期が続いた。
- 受粉（シルキング期）が5YAより1週間早まり、平年より涼しい7月とガルフ ECA での降雨によってトウモロコシの毛の発生が促進され、穀粒デンプンが蓄積された。
- 7月の初期穀粒成育期は山火事の煙のために全般的に涼しく、穀粒が十分に成長してタンパク質とデンプンが蓄積されたが、油分含有量の向上には不利であった。
- 登熟期後半に暖かさが戻り、周期的な降雨によって穀粒が継続して成長した。
- トウモロコシが早めに成熟したために圃場がさらに乾燥し、総損傷、ストレスクラックおよびBCFMの減少に好ましい乾燥した穀粒の収穫が促された。

生育条件と作物成長への影響

— 2021 — 2016-2020



¹ 米国農務省 (USDA) は生産サイクルの期間中毎週米産トウモロコシの作柄を評価している。評価は、生産力、および極端な気温、水の過不足、病害、虫害、雑草圧力等、多くのファクターから植物体が受けるストレスに基づいて行われる。

B. 作付と初期生育の状況

乾燥した作付初期、涼しい苗期、そして暑い6月

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雨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け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、植物体の成長後期に窒素肥料を有効に保つので、作付時期や生育期初期のある程度乾燥した気候は有利に働きます。

2021年

2021年を総括すると、トウモロコシの作付は5YAより1週間程度早まり、発芽も同程度早まりました。栄養成長初期には5月にあった数回の晩霜と凍結による低温状況に見舞われましたが、被害は限定的で良好な栄養成長初期でした。6月の栄養成長後期には全体的に平年を上回る気温によって早く成長しました。米国北西部 ECA と南部鉄道網 ECA は乾燥していましたが、ガルフ ECA は湿潤でした。

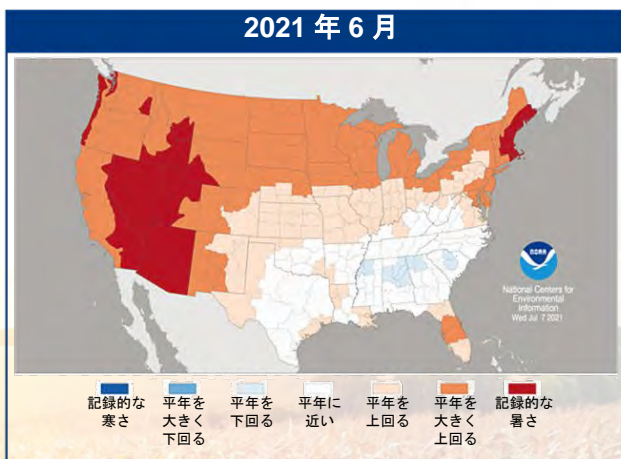
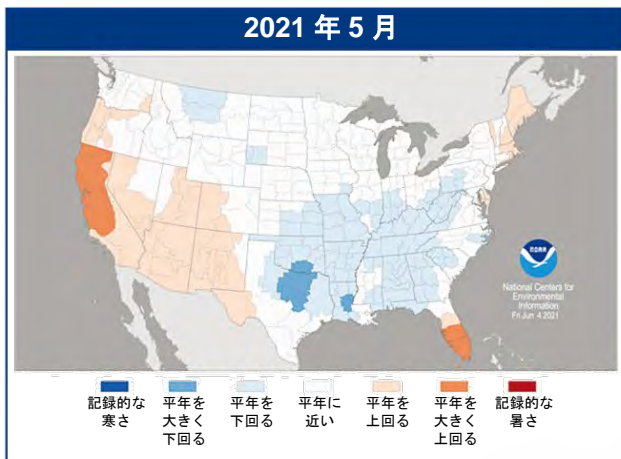
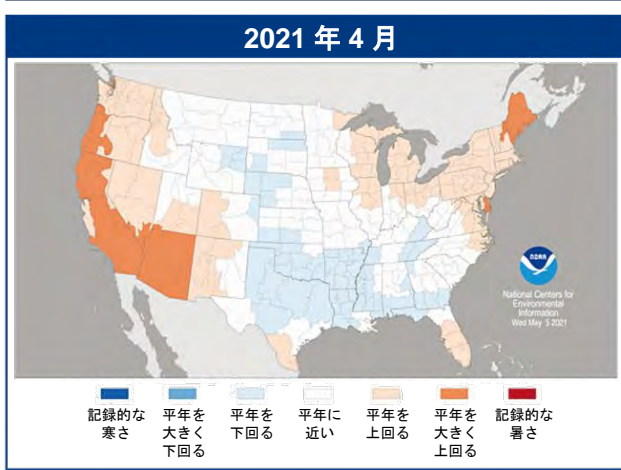
米国北西部 ECA では、温暖で乾燥した気候のために作付が早まりました。栄養成長後期は暑く乾燥していたため、植物にいくらかのストレスが発生しました。

ガルフ ECA では、4月が温暖で乾燥していたために作付が早まりました。5月の栄養成長初期は涼しく平年並みの降雨があったため、極めて良い栄養成長期になりました。6月は、極めて乾燥していた ECA の北西部を除いて平年より暖かく、雨もよく降りました。

南部鉄道網 ECA は作付には涼しく乾燥していましたが、成長初期も大雨による涼しさが続きました。6月の栄養成長期に暑さが襲った際は、余るほどの土壌水分が供給されて植物のストレスが抑えられました。

地域別平均気温レベル

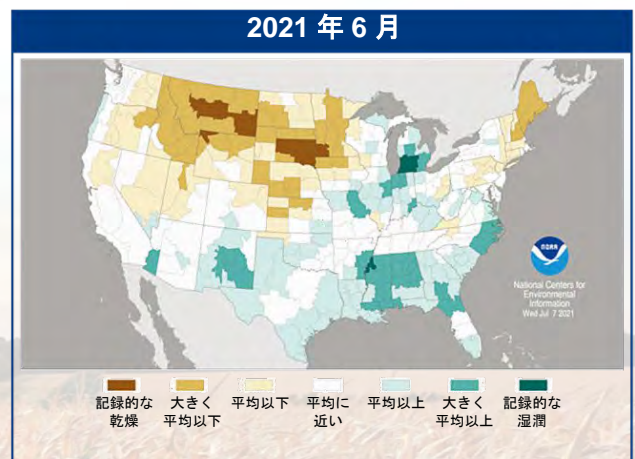
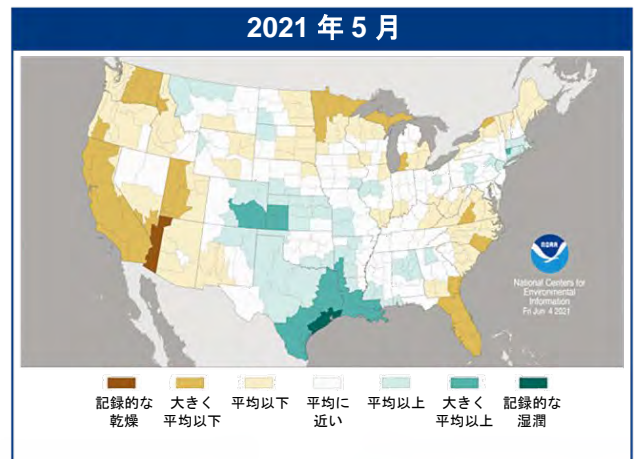
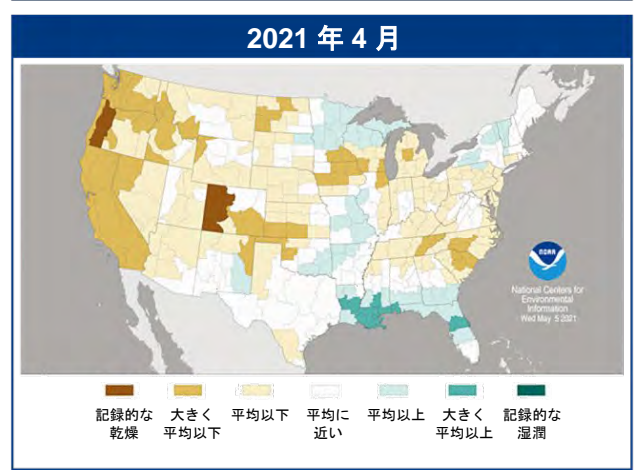
(期間：1895～2021)



出典：NOAA／地域気候センター

地域別降雨量レベル

(期間：1895～2021)



出典：NOAA／地域気候センター

C. 受粉と登熟の状況

登熟初期の涼しさが容積重と穀粒容積に有利に働く

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毛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°C）や湿った状況によって促進されます。

2021年

2021年を総括すると、良好かつ早い受粉と穀粒成長初期の涼しい気候のバランスが時宜を得た降雨によって取れていました。米国西部とカナダでは受粉期と初期登熟期に山火事の煙で太陽放射が減少したため、7月は平年より低温になりましたが穀油の蓄積も減少しました。このような気象条件により、アフラトキシンやデオキシニバレノールの発生が抑えられました。

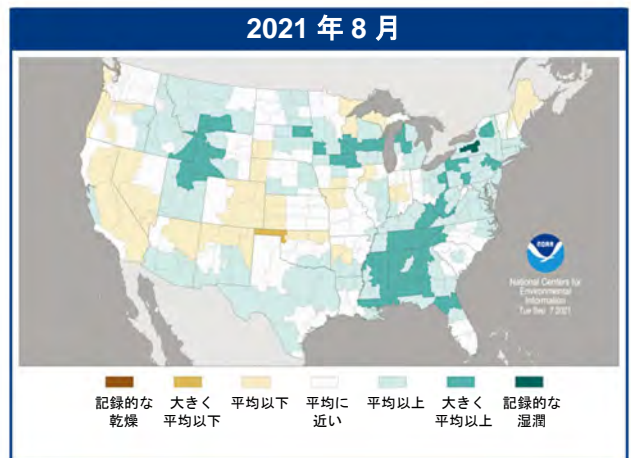
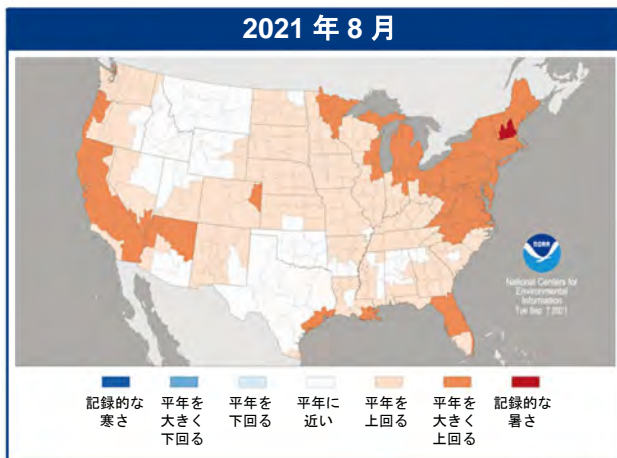
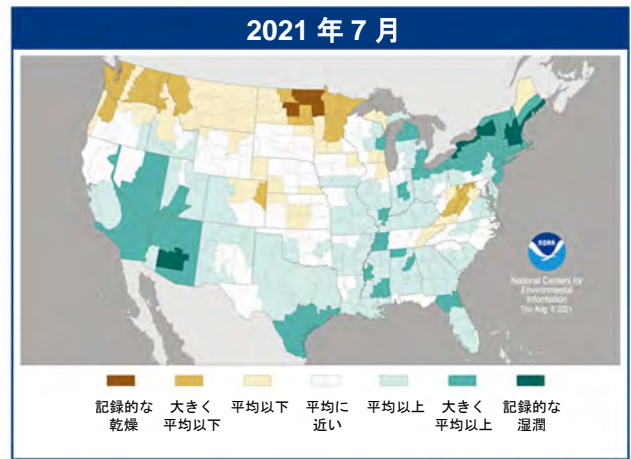
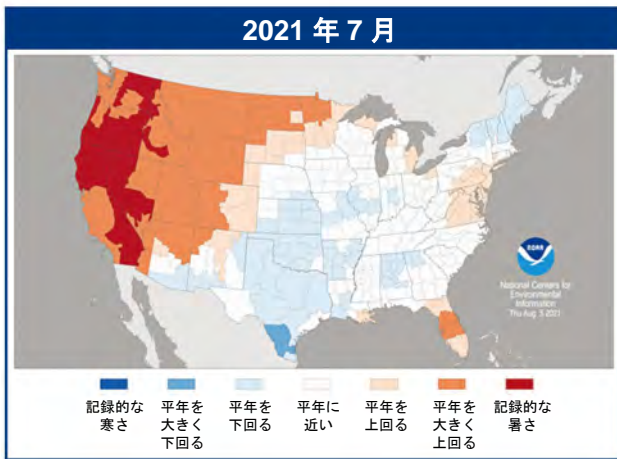
米国北西部 ECA の北部が受粉期に暖かく、ECA 全体で同期した成長が見られました。7月には気温が穏やかになって粒数が良好に増加しました。登熟中期は暖かく湿っていたため、穀粒のタンパク質レベルが上昇しました。極度の干ばつに見舞われたいくつかの地域では受粉が行われなかったか、穀物ではなく貯蔵牧草のために早期に収穫されたため、この報告書には含めていません。

ガルフ ECA は7月の受粉期間中に比較的涼しく湿っていましたが、8月の登熟中期には暖かく乾燥した天候に転じました。9月の登熟後期は暖かく、西部では干ばつが起きましたが ECA の東部では湿った天候が続きました。

南部鉄道網 ECA は受粉後の7月は涼しく乾燥していましたが、その後、8月と9月は時宜を得た降雨によって暖かくなりました。南部鉄道網 ECA の生育条件は、極めて良好な容積重と良好なタンパク質の蓄積に有利なものになりました。

地域別平均気温レベル
(期間：1895～2021)

地域別降雨量レベル
(期間：1895～2021)



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

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。

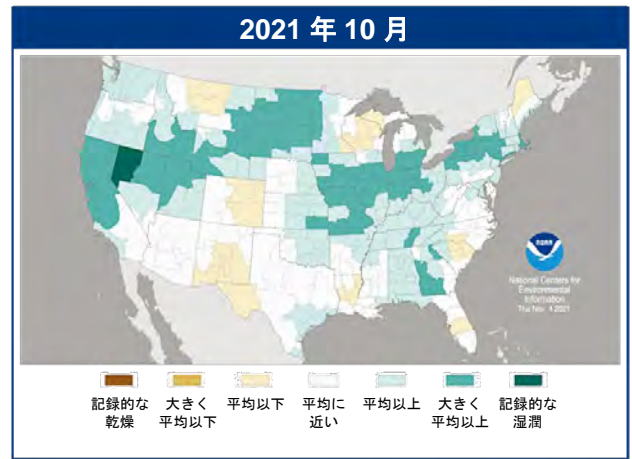
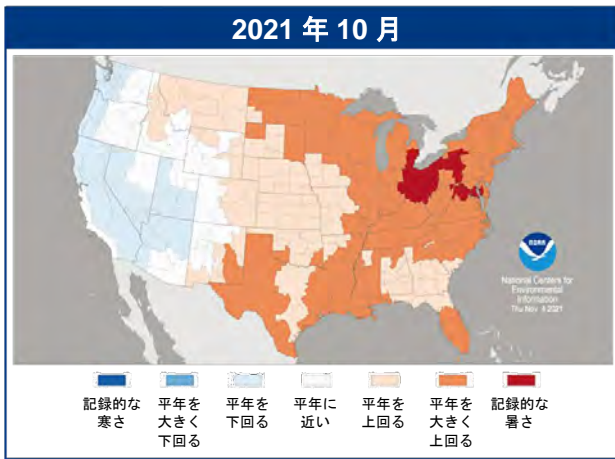
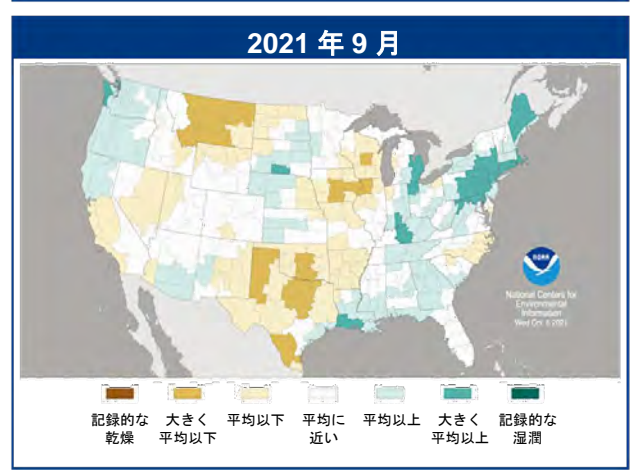
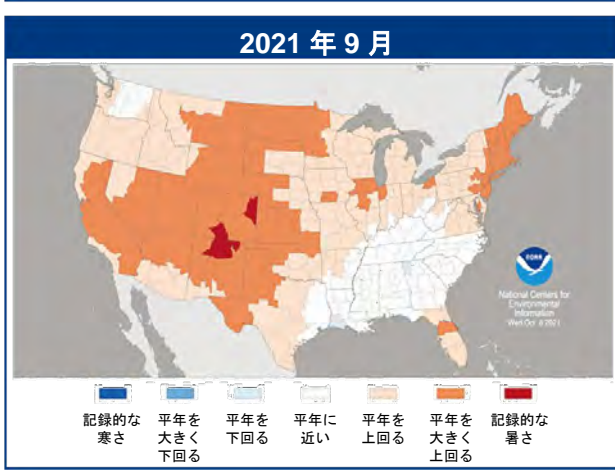
2021 年

9 月の極めて暖かい状況と、煙が充満した初期の状況と病弊による低茎品質への懸念が相まって収穫が早まり、穀粒が大きくなって百粒重が増えました。トウモロコシの半分が、5YA より早いペースで 10 月半ばまでに収穫されましたが、米国コーンベルトの多くの地域ではその後の雨によって収穫が遅れました。

成長終期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も促進し、早期の収穫に寄与し、これらのマイコトキシンの発生をさらに防ぎました。

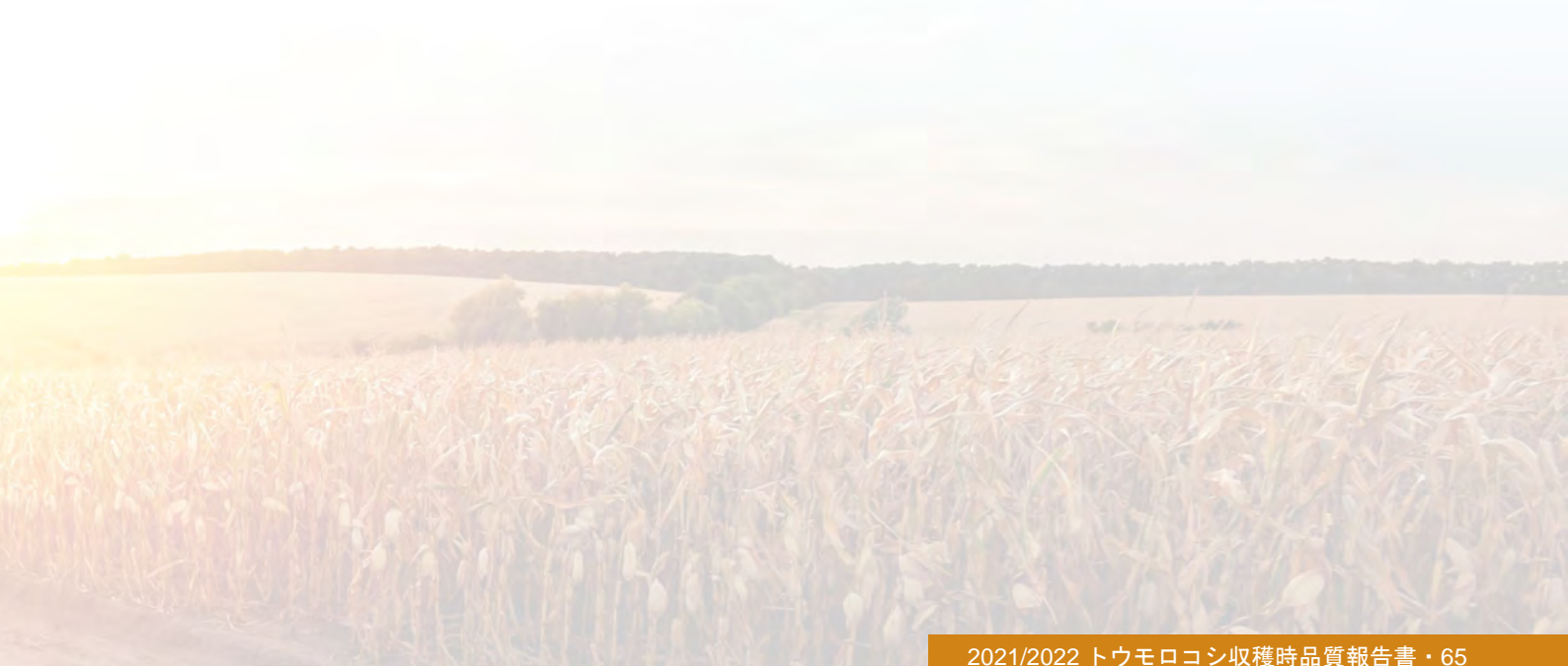
地域別平均気温レベル
(期間：1895～2021)

地域別降雨量レベル
(期間：1895～2021)



出典：NOAA／地域気候センター

出典：NOAA／地域気候センター



E. 2020 年、2019 年および 5 年平均と比較した場合の 2021 年

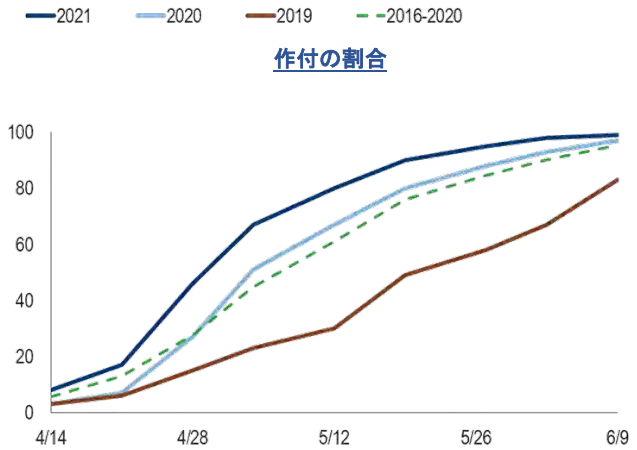
2021 年トウモロコシは適度なストレス下で早く成長

4 月の暖かく乾燥した気候が、5YA より 1 週間以上早い 2021 年の作付につながりました。2020 年春の涼しく乾燥した気候もまた、5YA より早い作付につながりました。2019 年トウモロコシの作付は、これと対照的に 5 月から 6 月を通して大幅に遅れ、湿った条件によって広い地域で作付が妨げられました。

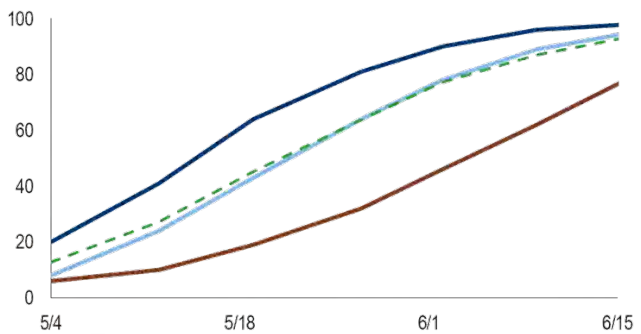
2021 年のトウモロコシの発芽は 5YA より早いままで、2020 年は 5YA 並みでしたが、2019 年は 5YA より 2~3 週間遅れました。2020 年は低温状況が継続して 5YA より栄養成長が遅れた一方、2021 年は成長の遅れが縮まりました。

2021 年には低温によって受粉が促進された一方、2020 年には雨によって早期の乾燥が妨げられました。2019 年には植物が急に成長したため、5YA からわずかに 2 週間の遅れで受粉しました。

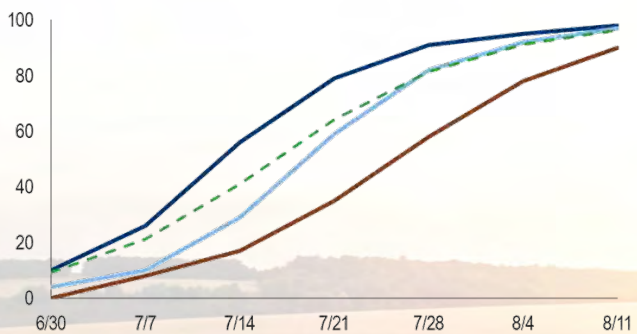
作物の生育



発芽の割合

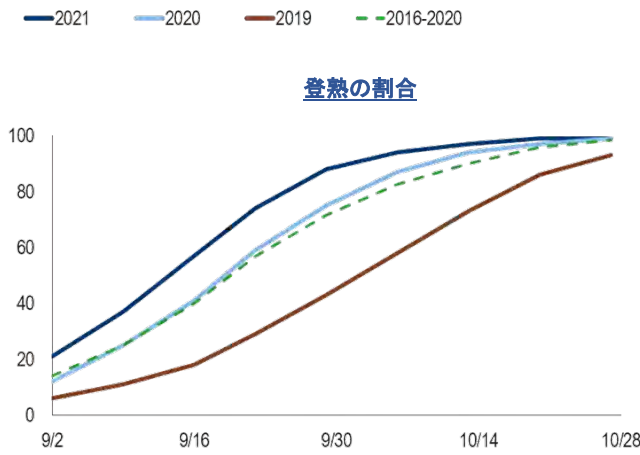


シルキングの割合

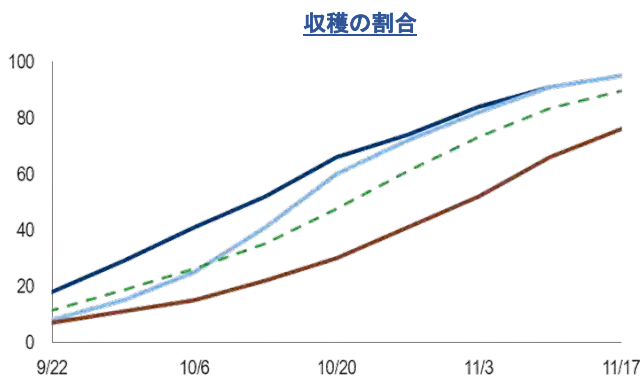


出典 : USDA NASS

作物の生育

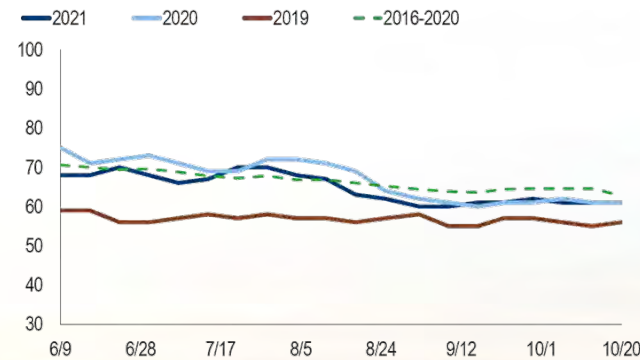


2021 年はカナダと米国西部での山火事で発生した煙によって気温が低下し、光合成がいくらか阻害されましたが、トウモロコシの成長に 2019 年ほどの影響はありませんでした。2019 年は 8 月の低温によって登熟が遅れた一方、記録的な 9 月の暑さで生育が早まることはありませんでした。



2020 年と 2021 年の収穫は乾燥した状況によって 5YA を上回るペースでした。2019 年の収穫は、植物体の成熟が遅れ、圃場が湿っていたため 5YA より大きく遅れました。

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



2021 年のトウモロコシは「良い」から「とても良い」といった高い作柄で始まり²、シーズンを通して 5YA の近くに留まりました。一方、2020 年は受粉期間中に長引いた乾燥と暑さによって作柄が着実に下がる傾向にありました。2019 年トウモロコシは 5YA に比べて控えめな作柄でしたが、これは粗っぽく変動の大きい生育期間であったことを示唆しています。

出典：USDA NASS

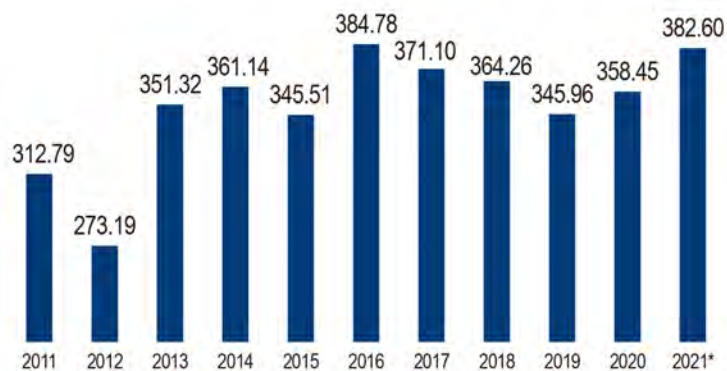
² 「良い」の評価は通常の単収が見込まれることを意味する。水分レベルは適切で、病害、虫害および雑草圧力の程度は低い。「とても良い」の評価は単収見込みが通常以上で、作物にストレスがほとんどまたは全くないことを意味する。病害、虫害および雑草圧力はほんのわずかである。

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

2021年11月に発表されたUSDA世界農業需給予測（World Agricultural Supply and Demand Estimates: WASDE）によると、2021年の米国産トウモロコシの生産量は3億8260万メートルトン（150億620万ブッシェル）と予測されています。これが正しければ、本年の収穫は2016年に続く歴代第2位となります。この高い2021年の予測生産量は、過去3年間より広い収穫面積と併せて、記録的な高平均単収に主に起因します。2021年の予測平均単収（11.11 mt/ha（177.0 bu/ac））は2017年に打ち立てられた従来の記録（11.09 mt/ha（176.6 bu/ac））を上回ります。収穫面積をみれば、予測される3445万ヘクタール（8510万エーカー）は5YAの3356万ヘクタール（8290万エーカー）をわずかに上回っています。

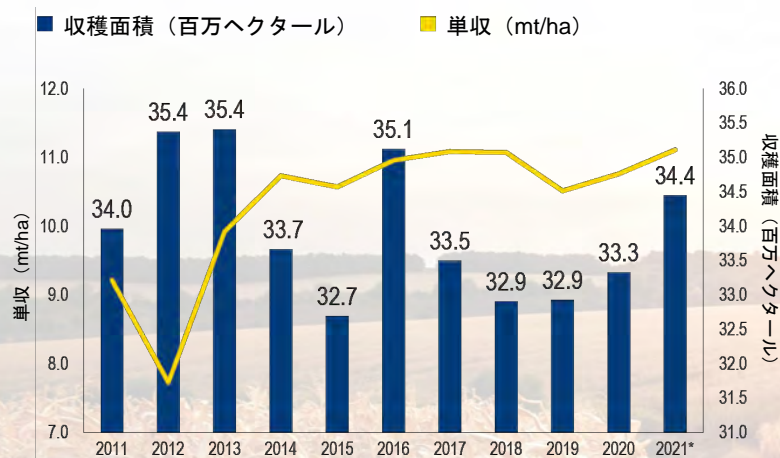
米国産トウモロコシの生産量（mmt）



* 予測

出典：USDA NASS

米国産トウモロコシの単収と収穫面積



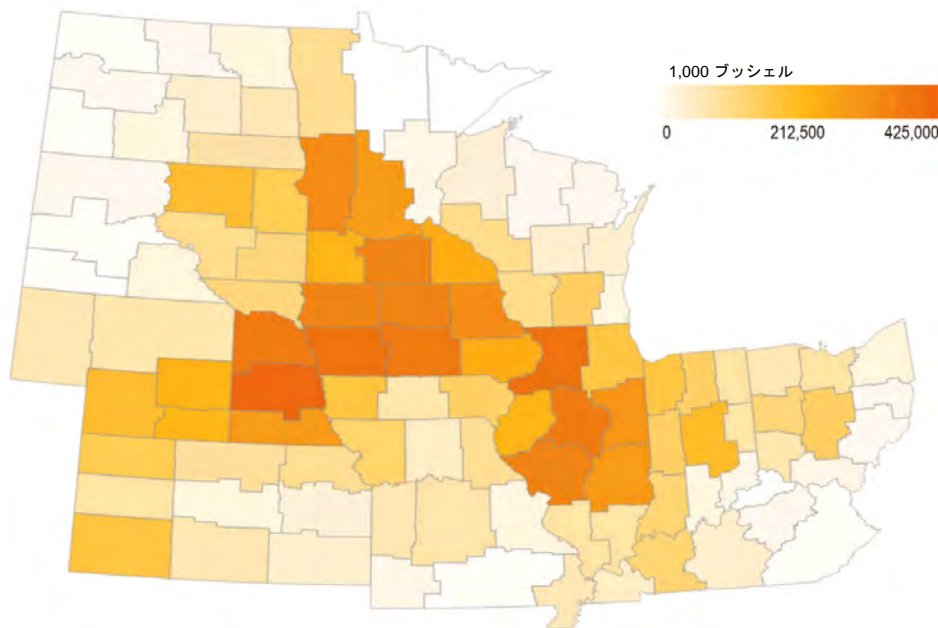
* 予測

出典：USDA NASS

ASD と州レベルの生産量

「2021/2022 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 2021 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。

2021 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 2020 年生産量と 2021 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 2021 年予測値を 2020 年と比較した場合の相対的な増加を、赤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 6 州で、生産量が 2020 年から大幅に（5%超）増加すると予測されています。2021 年に生産量の前年比が 3%を超えて減少すると予測されているのはカンザス州とミズーリ州だけです。ノースダコタ州とサウスダコタ州は生産量が増加することに注意してください。これらの州では暑く乾燥した天候によって単収が減少すると予測されていましたが、収穫面積の増加が単収の減少を補って余りあり、2020 年の生産量を超えると予測されています。

州別米国産トウモロコシ生産量

州	2020	2021*	差異		相対変化 (%) †	
			MMT	パーセント	面積	単収
イリノイ	53.85	56.78	2.93	5.4%	+	+
インディアナ	24.94	25.20	0.27	1.1%	+	+
アイオワ	58.00	63.56	5.57	9.6%	+	+
カンザス	19.47	18.71	(0.76)	-3.9%	-	-
ケンタッキー	6.36	6.96	0.60	9.5%	+	+
ミネソタ	36.43	36.85	0.42	1.1%	+	+
ミズーリ	14.25	13.74	(0.51)	-3.6%	-	-
ネブラスカ	45.22	46.57	1.36	3.0%	+	+
ノースダコタ	6.28	10.48	4.19	66.7%	+	-
オハイオ	14.33	16.14	1.81	12.6%	+	+
サウスダコタ	18.31	19.66	1.35	7.4%	+	-
ウィスコンシン	12.88	12.84	(0.03)	-0.2%	-	-
米国計	345.95	382.57	36.63	10.6%		

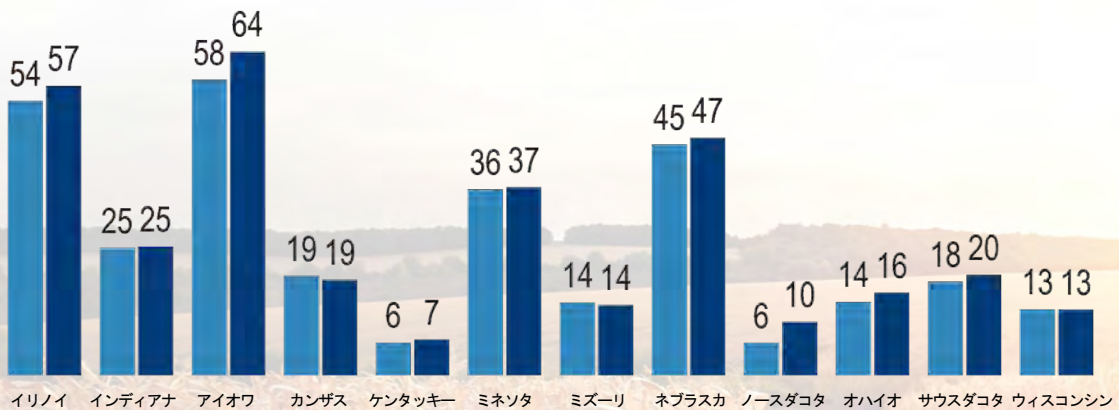
† 緑は前年からの増加、赤は前年からの減少を示し、バーの高さは相対的な増減量を表す。

* 予測

出典：USDA NASS

州別米国産トウモロコシ生産量 (mmt)

■ 2020 ■ 2021*



* 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。国内のエタノール生産用トウモロコシの消費量は、新型コロナウイルス感染症の世界的流行（パンデミック）によって市場年度 19/20 に 9.7%減少した後、市場年度 20/21 には 3.6%増加しました。

他の飼料原料より供給量が豊富で、価格競争力もあるトウモロコシの国内の畜産および家禽類用飼料の原料としての直接消費量は、市場年度 19/20 の間に 8.7%増加しました。市場年度 20/21 にくらかのトウモロコシが国内のエタノール生産用に戻されたため、飼料とその他に使用されるトウモロコシの消費量は 5.1%減少して市場年度 18/19 のそれよりわずかに高い水準まで低下しました。この減少分はエタノールと副産物に用いられるトウモロコシのわずかな増加分より大きく、市場年度 20/21 の国内総消費量はそれまでの市場年度よりわずかに減少しました。

市場年度 20/21 に国内総消費量が減少したため、輸出に回すことのできるトウモロコシが増加し、市場年度 20/21 のトウモロコシ輸出量は過去最高を記録しました。

米国産トウモロコシの記録的な輸出量により、最終在庫量は市場年度 13/14 以来の最小を記録しました。

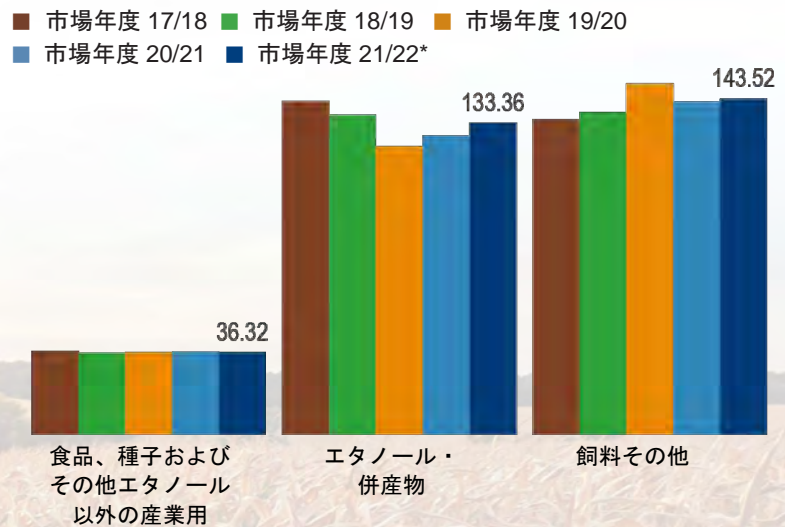
C. 見通し

米国の見通し

2021 年米国産トウモロコシは、最大の生産量を記録した 2016 年に次ぐものと予測されています。これが正しければ、本年の収穫量によって市場年度 21/22 の国内消費と輸出向けにトウモロコシが豊富に供給されるでしょう。

市場年度 21/22 の食品、種子およびエタノール以外の産業用途のトウモロコシ消費量は市場年度 20/21 から大きく変化することなく推移し、過去 4 期の市場年度のパターンの継続が予測されています。

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

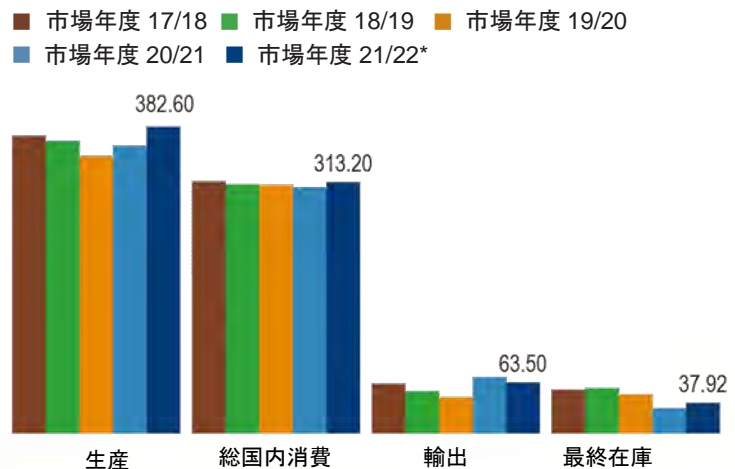
市場年度 21/22 のエタノール用トウモロコシの予測消費量は市場年度 20/21 をわずかに上回りますが、それでもパンデミック前の市場年度 17/18 および 18/19 のレベルには達しません。市場年度 20/21 における前年比 3.6%の増加に続き、市場年度 21/22 におけるエタノール用トウモロコシの消費量の 4.3%という増加予測は、パンデミックからの復興に至る国内ガソリン需要に依存します。

市場年度 21/22 に飼料とその他に使用される国内トウモロコシ消費量は、市場年度 20/21 を 133 万メートルトン（0.9%）上回ると予測されます。飼料とその他に使用される国内トウモロコシの本年の予測消費量である 1 億 4352 万メートルトンは、5YA（1 億 4071 万メートルトン）を 2.0%上回ります。

市場年度 21/22 にはトウモロコシ生産量の増加が見込まれるため、米国産トウモロコシ輸出量の増加が予測されます。米国産トウモロコシ輸出量は市場年度 21/22 に 6350 万メートルトンになると予測され、これは市場年度 20/21 の記録的なレベルから 642 万メートルトン（9.2%）の減少になります。前年比では減少すると予測されていますが、市場年度 21/22 の米国産トウモロコシ輸出量はそれでも 5YA（5756 万メートルトン）を 594 万メートルトン（10.3%）上回ると予測されています。

トウモロコシ生産量が増加すると予測されているため、米国最終在庫も市場年度 20/21 の比較的少ない最終在庫から増加すると予測されます。最終在庫は 3792 万メートルトンと予測され、これは市場年度 20/21 を 652 万メートルトン（20.7%）上回ります。一方、市場年度の最終在庫は、それでも 5YA（4984 万メートルトン）を 1191 万メートルトン（23.9%）下回ると予測されています。

市場年度 21/22 の対消費在庫率は 10.1%と予測されています。これは、前市場年度の 8.3%を除いて市場年度 13/14（9.2%）以来最も低い対消費在庫率の予測になります。

米国産トウモロコシ生産量および消費量（mmt）


* 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 21/22 の世界のトウモロコシ生産量は 12 億 462 万メートルトンと予測されています。市場年度 20/21 からのこの 8560 万メートルトン（7.6%）の増加は、主に米国生産量の増加によるものです。

加えて、市場年度 21/22 の世界のトウモロコシ輸出量は 2 億 347 万メートルトンと予測されています。市場年度 20/21 からのこの 2691 万メートルトン（15.2%）の増加は、米国の総輸出量が市場年度 20/21 を 642 万メートルトン（9.2%）下回ると予測されていることから、主に米国以外の輸出量の増加によるものです。

世界の需要

市場年度 21/22 の世界のトウモロコシ消費量は、市場年度 20/21 の 11 億 3363 万メートルトンから 11 億 9207 万メートルトンに増加し、年間増加率は 5.2%になると予測されています。中国、米国、カナダ、欧州連合、トルコ、ナイジェリアおよびブラジルはすべて、前市場年度より少なくとも 100 万メートルトン多いトウモロコシを市場年度 21/22 に消費すると予測されています。一方、前市場年度より 100 万メートルトンを超えてトウモロコシ消費量が減少すると予測されているのは、エチオピアだけです。

トルコとカナダでは、輸入量が前年から少なくとも 100 万メートルトン増加すると見込まれています。トウモロコシ輸入量が前市場年度より 100 万メートルトンを超えて減少すると予測されているのは、中国、ベトナムおよびブラジルです。

² USDA/Foreign Agricultural Service-Production, Supply and Distribution Database。データは 2021 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)	17/18	18/19	19/20	20/21	21/22*
面積 (百万ヘクタール)					
作付	36.50	35.98	36.33	36.70	37.77
収穫	33.50	32.91	32.93	33.33	34.45
単収 (トン/ヘクタール)	11.09	11.07	10.51	10.76	11.11
供給量 (百万トン)					
期首在庫	58.25	54.37	56.41	48.76	31.41
生産量	371.10	364.26	345.96	358.45	382.60
輸入量	0.91	0.71	1.06	0.62	0.64
総供給量	430.27	419.34	403.44	407.82	414.64
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	36.88	35.93	36.32	36.50	36.32
エタノール・併産物	142.37	136.61	123.37	127.81	133.36
飼料その他	134.74	137.85	149.88	142.18	143.52
輸出量	61.91	52.54	45.13	69.92	63.50
総消費量	375.90	362.93	354.69	376.41	376.70
最終在庫	54.37	56.41	48.76	31.41	37.92
平均農家出荷価格 (ドル/トン**)	132.28	142.12	140.15	178.34	214.56

英国単位	17/18	18/19	19/20	20/21	21/22*
面積 (百万エーカー)					
作付	90.2	88.9	89.7	90.7	93.3
収穫	82.7	81.3	81.3	82.3	85.1
単収 (ブッシェル/エーカー)	176.6	176.4	167.5	171.4	177.0
供給量 (百万ブッシェル)					
期首在庫	2,293	2,140	2,221	1,919	1,236
生産量	14,609	14,340	13,620	14,111	15,062
輸入量	36	28	42	24	25
総供給量	16,939	16,509	15,883	16,055	16,323
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	1,452	1,415	1,430	1,437	1,430
エタノール・併産物	5,605	5,378	4,857	5,032	5,250
飼料その他	5,304	5,427	5,900	5,597	5,650
輸出量	2,437	2,068	1,777	2,753	2,500
総消費量	14,798	14,288	13,964	14,819	14,830
最終在庫	2,140	2,221	1,919	1,236	1,493
平均農家出荷価格 (ドル/ブッシェル**)	3.36	3.61	3.56	4.53	5.45

* 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 21/22*平均農家出荷価格

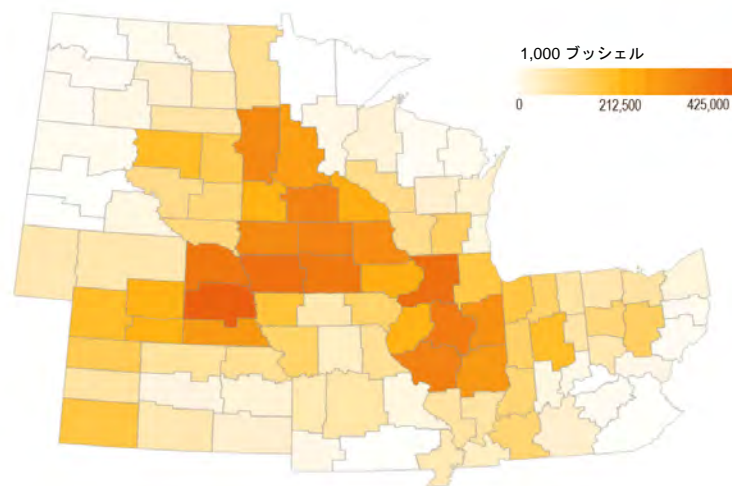
出典 : USDA WASDE および ERS

A. 概要

本「2021/2022 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 10 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。

2021 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 610 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、2021 年 8 月 25 日から 11 月 11 日の間に地域のエレベーター業者によって農家から搬入されたトラックの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と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 と南部鉄道網 ECA のストレスクラックの相対許容誤差はそれぞれ 14.3%、11.0%であった。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「2021/2022 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、「2021/2022 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。「2021/2022 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、「2020/2021 年収穫時報告書」からの分散推計値を代用しました。2020 年の 601 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。

2020 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 10 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しいものでした。

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%で示されるでしょう。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、「2021/2022 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過去 10 年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。

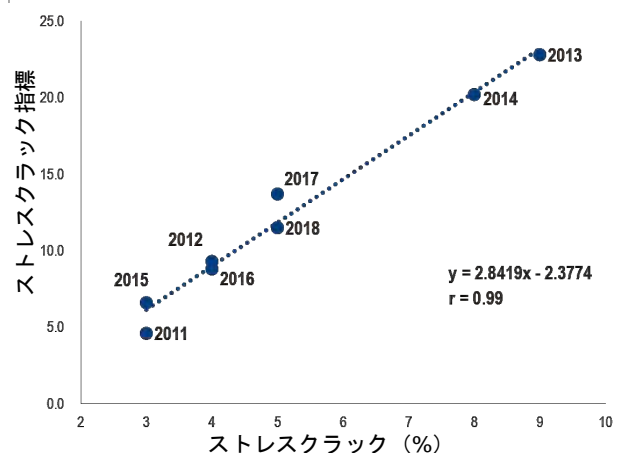
$$[\text{SSC} \times 1] + [\text{DSC} \times 3] + [\text{MSC} \times 5]$$

ここで、

- SSC は亀裂が 1 本のみ粒の割合 (%)
- 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 2,050~2,250 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 610 のブレンドされていないトウモロコシのサンプルが農場のトラックにより地域のエレベーターに寄せられそこで採取され、エレベーターからこれらのサンプルを受け取り検査しました。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 2021 年 8 月 25 日から 11 月 11 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

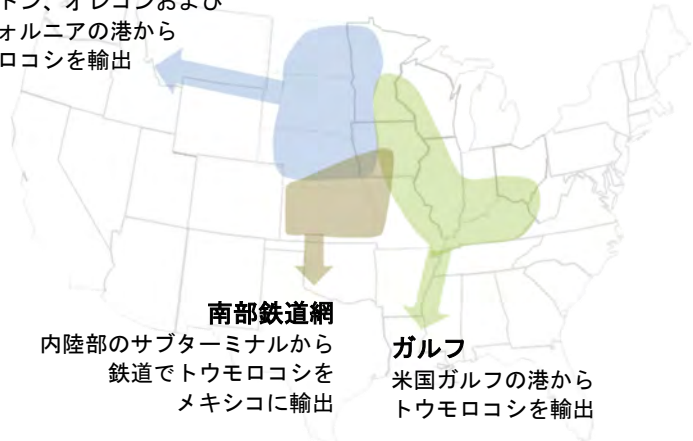
等級ファクター、水分含量、化学組成および物理的ファクターに関するサンプルの試験結果を米国集計として、また以下に示す 3 つの複合地域によるグループごとにまとめました。これらのグループは 3 つの主要輸出拠点地域（ECA）それぞれにトウモロコシを供給する地域です。

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²**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

「2021/2022 年収穫時報告書」には過去 5 年の「収穫時報告書」（2016/2017 年、2017/2018 年、2018/2019 年、2019/2020 年および 2020/2021 年）の品質ファクター平均値の単純平均および標準偏差が含まれています。これらの単純平均は米国集計と 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、「2011/2012 年収穫時報告書」から本「2020/2021 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 と南部鉄道網 ECA のストレスクラックの相対許容誤差はそれぞれ 14.3%と 11.0%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。

「2021/2022 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ーン-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（2,150.42 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別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。

損傷粒の含量を調べるため、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、コブロット、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。総損傷粒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

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較正します。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較正し、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（押しわけ容積）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せんが、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になります。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「2021/2022 年収穫時報告書」のマイコトキシン評価の目的は、輸出入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。

「2021/2022 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。

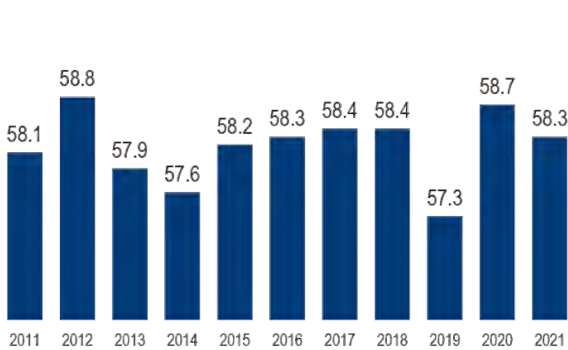
EnviroLogix 定量化試験キットは、マイコトキシン含量が「検出限界」と呼ばれる特定のレベルを超えた場合にその個別の含量を知らせるものです。検出限界は分析上の空白（マイコトキシンが存在しない）を測定する方法とは統計的に異なる分析方法を用いて測定することのできる最低含量と定義されます。マイコトキシンの種類、テストキット、コモディティの組み合わせが異なれば、この検出限界も変化します。EnviroLogix AQ 309 BG のアフラトキシン検出限界値は 2.7 ppb です。EnviroLogix AQ 304 BG を用いるデオキシニバレノールの検出限界値は 0.1 ppm です。フモニ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

昨年の「2020/2021 年収穫時報告書」では、収穫時サンプルでオクラトキシン A、T-2 およびゼアラレノンも暫定的に試験しました。これら 3 種の追加マイコトキシンに対する試験は本年の「収穫時報告書」でも継続して実施しました。これらの暫定試験は、毎年実施する 3 種のマイコトキシン（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）の試験結果から得られる情報を補足することを意図したものです。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。

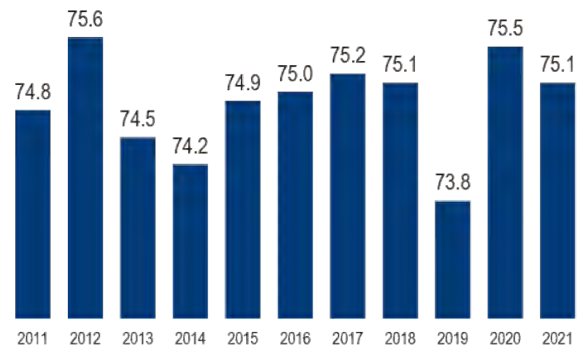
A. 等級ファクターと水分含量

2011 年以降、アメリカ穀物協会の「トウモロコシ収穫時品質報告書」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。

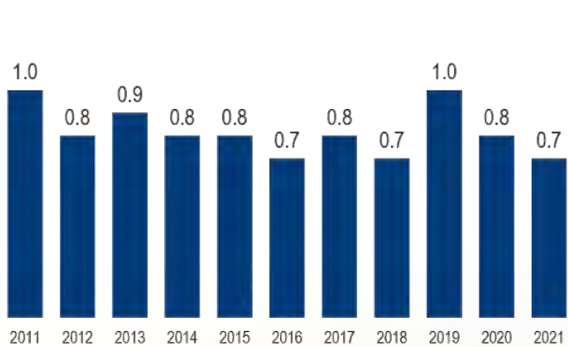
作物年度別容積重 (lb/bu)



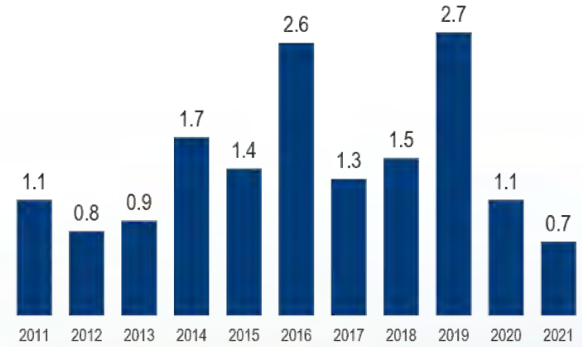
作物年度別容積重 (kg/ha)



作物年度別 BCFM (%)



作物年度別総損傷 (%)

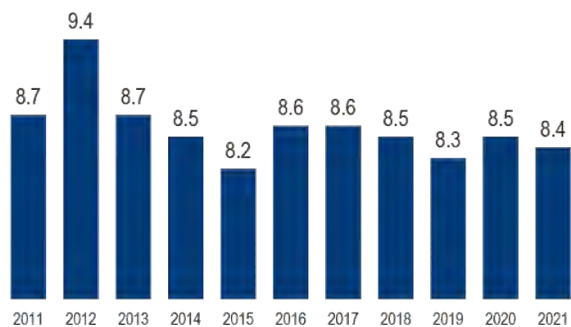


作物年度別水分含量 (%)

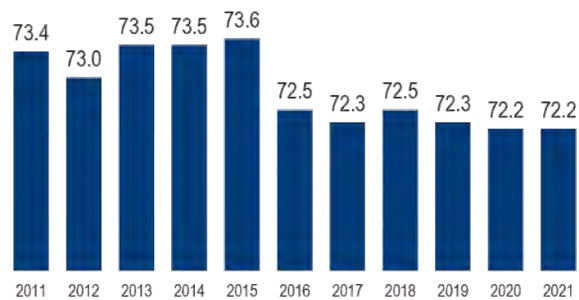


B. 化学組成

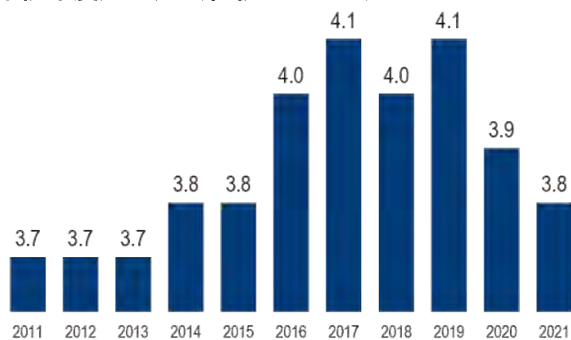
作物年度別タンパク質（乾物ベース%）



作物年度別デンプン（乾物ベース%）

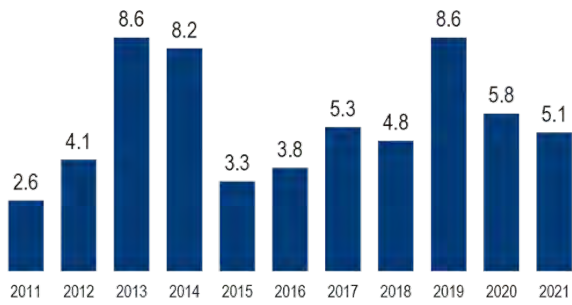


作物年度別油分（乾物ベース%）

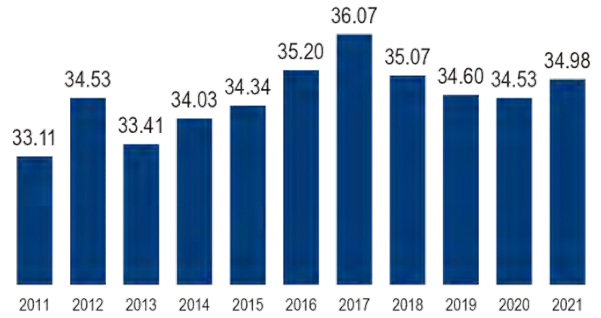


C. 物理的ファクター

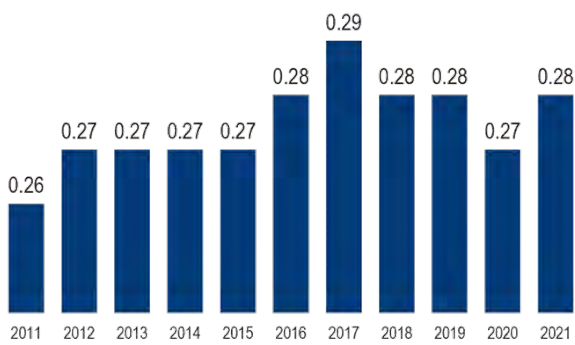
作物年度別ストレスラック (%)



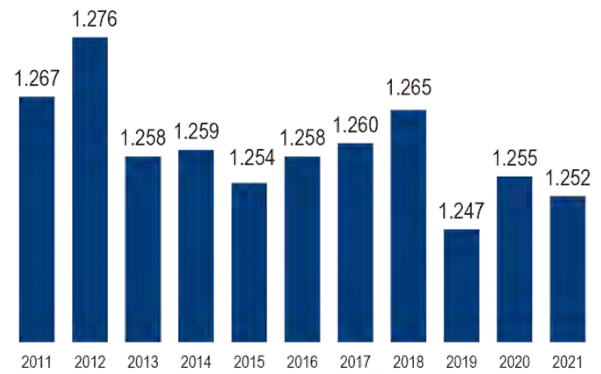
作物年度別百粒重 (g)



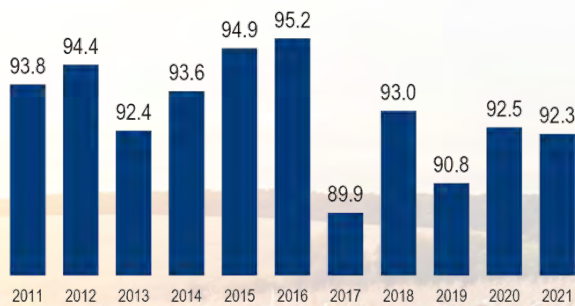
作物年度別穀粒容積 (cm³)



作物年度別真の密度 (g/cm³)



作物年度別完全粒 (%)



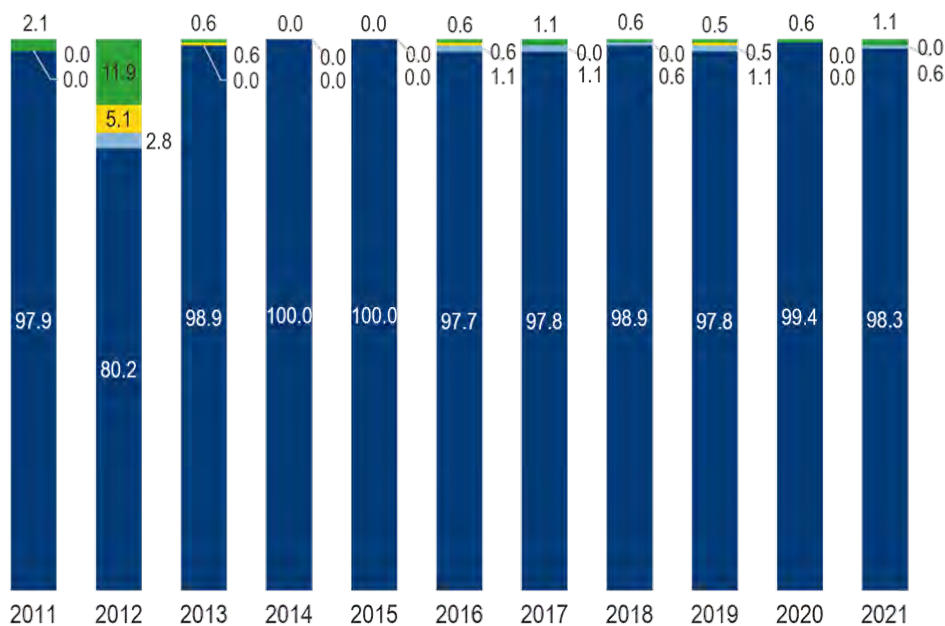
作物年度別硬胚乳 (%)



D. マイコトキシン

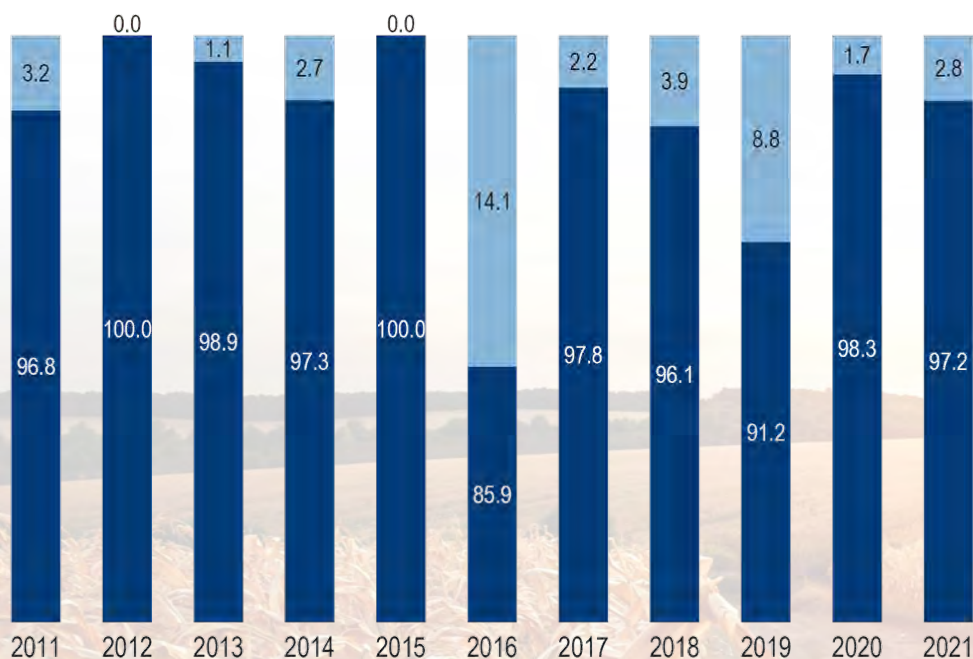
作物年度別アフラトキシンの結果 (ppb)

■ <5.0 ■ 5.0-9.9 ■ 10.0-19.9 ■ >20.0



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

■ <0.5 ■ 0.5-1.9 ■ 2.0-4.9 ■ >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



U.S. GRAINS COUNCIL

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 • china@grains.org

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
mexicousg@grains.org

MIDDLE EAST, AFRICA AND EUROPE: Tunis

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

SOUTH ASIA: New Delhi

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

SOUTH EAST ASIA: Kuala Lumpur

Tel: 011-603-2093-6826 • kl@grains.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

Developing Markets ■ Enabling Trade ■ Improving Lives