



**U.S. GRAINS**  
COUNCIL

**2018/2019**

**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頂いたセントレック・コンサルティング・グループ LLC (Centrec) のリー・シングレトン氏、クリス・シュローダー氏、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。社外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・ペ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州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（CDGI）に感謝いたします。

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

## アメリカ穀物協会からのご挨拶

## 収穫時品質のハイライト

### はじめに

#### 品質試験結果

|             |    |
|-------------|----|
| A. 等級ファクター  | 6  |
| B. 水分含量     | 17 |
| C. 化学組成     | 20 |
| D. 物理的ファクター | 28 |
| E. マイコトキシン  | 43 |

#### 作柄と気象条件

|  |    |
|--|----|
| A. 2018 年収穫ハイライト                         | 49 |
| B. 作付と初期生育状況                             | 50 |
| C. 受粉および登熟の状況                            | 52 |
| D. 収穫の状況                                 | 54 |
| E. 2017 年、2016 年および 5 年平均と比較した場合の 2018 年 | 56 |

#### 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         | 58 |
| B. 米国産トウモロコシの消費量および最終在庫量 | 60 |
| C. 見通し                   | 60 |

#### 調査および統計分析の方法

|                |    |
|----------------|----|
| A. 概要          | 63 |
| B. 調査設計とサンプリング | 64 |
| C. 統計分析        | 66 |

#### 試験分析法

|              |    |
|--------------|----|
| A. 等級ファクター   | 67 |
| B. 水分含量      | 68 |
| C. 化学組成      | 68 |
| D. 物理的ファクター  | 69 |
| E. マイコトキシン試験 | 71 |

#### 推移の検討

|                 |    |
|-----------------|----|
| A. 等級ファクターと水分含量 | 72 |
| B. 化学組成         | 73 |
| C. 物理的ファクター     | 74 |
| D. マイコトキシン      | 75 |

#### 米国産トウモロコシの等級および換算表

#### USGC 連絡先情報

アメリカ穀物協会（USGC）は8度目のトウモロコシの年次品質調査を完了しましたので、その結果を本2018/2019年トウモロコシ収穫時品質報告書としてご案内申し上げます。

当協会は世界の食糧保障および貿易を通じて得られる経済的な相互利益の促進に力を尽くしています。継続的な貿易拡大を推進するため、本報告書は現時点の米国産農作物の品質に関し、信頼のおける情報をタイムリーに提供することで、バイヤーの皆様が十分な情報に基づき意思決定を行えるよう手助けすることを意図しています。

今年のトウモロコシの作柄は、生育期間中、概ね「良い」または「とても良い」と評価され、記録的な収量予測であり、かつ、米国産トウモロコシの記録上3番目となる371.52MMT(14,626百万ブッシェル)という数字に結びつきました。2018/019年市場年度中に米国内で消費されるトウモロコシは史上最高記録になると予測される一方、トウモロコシの供給量が豊富であることから、輸出货量についても記録的な数字になると予測されており、米国産トウモロコシは本市場年度の世界輸出货量の37.4パーセントを占めるとみられています。

これまでの収穫時報告書と同様、本2018/2019年収穫時品質報告書は世界の流通経路に投入される米国産トウモロコシの収穫時点の品質に関する情報を提供します。バイヤーの皆様が確認されたトウモロコシの品質はさらに、その後の取扱い、ブレンドおよび保管条件の影響を受けることになります。当協会が作成する報告書の第二弾、「2018/2019年トウモロコシ輸出貨物品質報告書」は海外出荷の積み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、2019年初頭に発行が予定されています。当協会の一連の品質報告書は透明性の高い一貫した方法を採用しているため、全対象期間を通し識見に富んだ比較ができるようになります。こうした比較によってバイヤーの皆様は十分な情報に基づいた意思決定を行うことができ、米国産トウモロコシ市場の力と信頼性に信頼を置くことができるようになります。

アメリカ穀物協会のミッションは市場を開拓し、貿易を可能にし、生活を向上させることです。このミッションを遂行することを目的に、当協会のパートナーへのサービスの一環として本報告書を提供することができます。我々の大切な取引先の皆様に、米国産トウモロコシの品質に関する正確で時宜にかなった知見をお届けするという当協会の役割が今後も続くよう願っております。

敬具



Jim Stitzlein  
Chairman, U.S. Grains Council  
December 2018

THE TRADE  
WORKS, THE  
WORLD  
WINS

2018/2019年トウモロコシ収穫時品質報告書のために試験した主なサンプルは、2018年のトウモロコシの品質が全体的に多くの特性において過去5年の穀物年度の平均値(5YA<sup>1</sup>)を上回っていることを示しています。サンプルのほぼ94%が米国 No.2 等級に相当します。これから市場経路に向かう2018

年米国産トウモロコシは、総損傷、破損粒・異物(BCFM)、水分含量およびストレスクラックの平均値が5YAを下回り、容積重、油分含有率、百粒重および真の密度の平均値が5YAを上回っています。下記に2018年トウモロコシの主要な収穫結果をハイライトとしてまとめました。

### 等級ファクターおよび水分含量

- 平均容積重は58.4 lb/bu (75.1 kg/hl)で、90.3%がNo.1等級トウモロコシの限度値を上回り、98.2%がNo.2等級の限度値を上回っている。2017年とほぼ同じで、かつ5YAを上回るこの容積重は、穀粒の登熟および成熟が良好であることを示唆している。
- BCFMのレベルは低く(0.7%)、2017年および5YAをわずかに下回っている。2018年のサンプルでは98.1%がNo.2等級の限度値を下回っており、クリーニングの必要性がほとんどないことを示唆している。BCFMのNo.2等級の限度値を下回るサンプルの割合がそれぞれ98%と99%であった2017年と2016年に近い値である。
- 総損傷の平均は1.5%で、2017年を上回るものの、2016年および5YAを下回っており、サンプルの97.1%が総損傷のNo.2等級の限度値を下回っている。
- 受領したいずれのサンプルでも熱損傷は観察されなかった。
- エレベーターでの水分含量(16.0%)は2017年および5YAを下回るものの、この年も圃場での乾燥が良好であった2016年とほぼ同じである。分布については、それぞれ36%および29%であった2017年および2016年と比較すると、2018年ではサンプルの24.7%が水分含量17%を上回っている。この分布は2018年では人工的な乾燥を必要とするサンプルが2017年よりも少ないことを示唆している。

### 化学組成

- タンパク質含有率(乾物比8.5%)は2017年および2016年をわずかに下回るが、5YAとほぼ同じである。
- デンプン含有率(乾物比72.5%)は2017年を上回り、2016年と同じであるが、5YAを下回る。
- 平均油分含有率(乾物比4.0%)は2017年を下回り、2016年と同じで、5YAを上回る。

U.S. Corn Grades and Grade Requirements

| Grade      | Minimum Test Weight per Bushel (Pounds) | Maximum Limits of Damaged Kernels |                 | Broken Corn and Foreign Material (Percent) |
|------------|---|-----------------------------------|-----------------|--|
|            |   | Heat Damaged (Percent)            | Total (Percent) |  |
| U.S. No. 1 | 56.0                                    | 0.1                               | 3.0             | 2.0  |
| U.S. No. 2 | 54.0                                    | 0.2                               | 5.0             | 3.0  |
| U.S. No. 3 | 52.0                                    | 0.5                               | 7.0             | 4.0  |
| U.S. No. 4 | 49.0                                    | 1.0                               | 10.0            | 5.0  |
| U.S. No. 5 | 46.0                                    | 3.0                               | 15.0            | 7.0  |

<sup>1</sup> 5YA とは、2014/2015年、2015/2016年、2016/2017年、2017/2018年および2018/2019年の収穫時報告書の品質ファクターの平均値または標準偏差の単純平均値を意味する。

## 物理的ファクター

- 2018年トウモロコシのストレスクラック率（5%）は2017年と同じで低く、2016年を上回るものの、5YAを下回り、サンプルの89.0%がストレスクラック率10%未満である。
- 平均ストレスクラック指標（11.5）は2017年および5YAを下回るが、この年も圃場での乾燥が良好であった2016年を上回っている。損傷し易さの程度は依然として比較的低い。
- 百粒重（35.07g）は2017年を下回るが、2016年とは同程度で、5YAを上回り、全体的に2017年より粒が小さく、過去数年と同程度であることを示唆している。
- 穀粒容積の平均値は0.28 cm<sup>3</sup>で、2017年を下回るものの、2016年および5YAと同程度である。
- 真の密度の平均値は1.265 g/cm<sup>3</sup>で、2017年、2016年および5YAを上回る。
- 完全粒の平均値（93.0%）は2017年を上回るが2016年を下回り、5YAと同程度である。
- 硬胚乳平均値は81%で、2017年および5YAと同程度、2016年を上回る。これは穀粒の硬さが前年および5YAと同程度であることを示している。

## マイコトキシン

- 1件のサンプルを除き2018年の試験対象サンプルのすべて、すなわち全体の99.5%が米国食品医薬品局（FDA）のアフラトキシンの規制レベルである20 ppbを下回っている。
- 2018年の試験対象となったトウモロコシサンプルの100%がFDAのデオキシニバレノール（DON）対象の勧告レベルである5 ppmを下回り、2017年および2016年と同じとなった。加えて、試験サンプルの74.6%が米国農務省（USDA）の連邦穀物検査部（FGIS）の「低準拠レベル」を下回ったが、この割合は2017年よりも少ない。この低下は、2018年が2017年よりもデオキシニバレノールの発生を招きやすい気象条件であったことが原因と考えられる。





アメリカ穀物協会 2018/2019 年トウモロコシ収穫時品質報告書は、流通経路に入る時点の米国イエロー・コモディティー・コーンの初期の品質について、米国産トウモロコシの国外バイヤーが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計測調査も今回で 8 度目となりました。8 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。

2018 年の 4 月は米国の大半の地域が季節外れの寒さに見舞われましたが、その後作付に好ましい暖かな 5 月となりました。当初はこうした状況により作付や発芽が遅れましたが、5 月の中旬までに 5 年平均 (5YA) とほぼ同じレベルまで早急に回復していきました。栄養成長期は暖かく降雨量が多かったため、急速に成長し、外見的に健康な植物体となり、作柄は「良い」と「とても良い」と評価され、これがシーズン中 67% 以上で推移し、平均収量が最高記録になると予測されました。

本年度はトウモロコシが早く成熟したため、国内の多くの地域で早い収穫が可能となり、収穫の進捗状況は 9 月全体を通して 5YA を相当上回るとみられていました。ところが、10 月の長雨により収穫が妨げられ、収穫の進捗状況は 5YA レベルに戻ってしまいました。

全体として、2018 年の生育状況は、容積重の平均値が高く、穀粒が比較的大きく、密度が高い作柄という結果となりました。BCFM、ストレスクラックおよび完全粒も 5YA を下回るかほぼ同等となりました。

こうした観察内容から、8 年間の品質に差異はあるものの、2018/2019 年収穫時報告書では、全体として流通経路に投入されるトウモロコシの品質が良好であることが示されています。77% をわずかに上回るサンプルが No.1 等級の品質ファクターの要件をすべて満たし、94% 近くが No.2 等級の要件を満たしています。さらに、総損傷および水分含量レベルはいずれも 5YA をわずかに下回り、それゆえ保存性は良好と考えられます。

8 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、収穫時報告書のための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うことができるようになり、こうした複数年の生育状況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 2018/2019 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 618 件のイエロー・コモディティー・コーンのサンプルに基づいています。それぞれの生産地を原点として品質を計測、分析し、地域ごとの品質特性のばらつきについて主要な情報を提供できるよう、国内向けのサンプルは各地域の穀物エレベーターから入手しました。





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は輸出市場に向かう次の3つの主要輸出経路で区別されています。

- 通常米国ガルフの港からトウモロコシを輸出する地区群で構成されるガルフ ECA
- 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する地区群を含む米国北西部 ECA
- 一般に、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する地区群で構成される南部鉄道網 ECA

米国集計の値と3ECA地域それぞれの値についてサンプル試験の結果を報告し、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、米国のマーケティング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していくことになります。この理由から、2018/2019年収穫時報告書は、追って2019年初頭に発表されるアメリカ穀物協会発行2018/2019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。いつものことながら、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掲載しています。「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有率
- 物理的ファクター：ストレスクラック/ストレスクラック指標、百粒重、穀粒容積、穀粒の真の密度、完全粒および硬胚乳
- マイコトキシン：アフラトキシンおよびデオキシニバレノール (DON) またはボミトキシン

これらに加えて、本収穫時報告書には米国産トウモロコシの作柄および気象条件、トウモロコシの生産量、消費量および見通しについての簡単な説明、調査方法、統計分析方法および試験分析方法についての詳細な説明を記載し、また新たに8年間すべての報告書から抜き出した各品質ファクターの平均を示した経時的な所見を記載するセクションを加えました。

本2018/2019年収穫時報告書には、過去5年の収穫時報告書の品質ファクターの年間単純平均値および標準偏差が含まれています。この単純平均の値は米国集計と3ECAそれぞれについて求めたもので、本報告書では「5YA」と表示しています。



## A. 等級ファクター

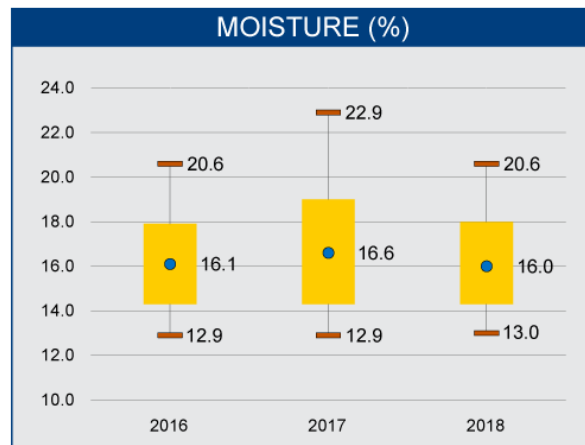
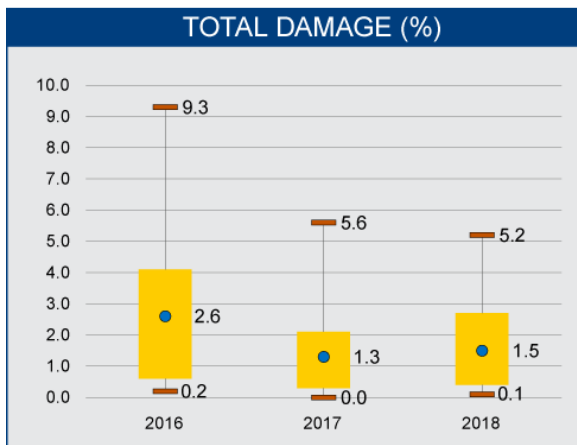
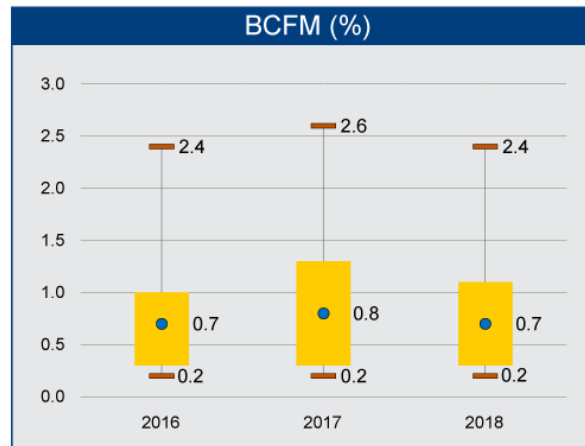
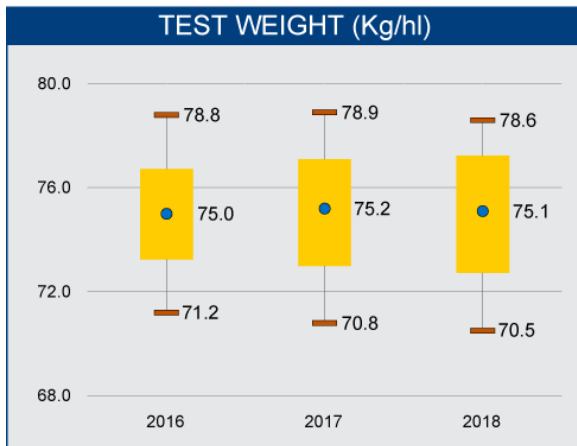
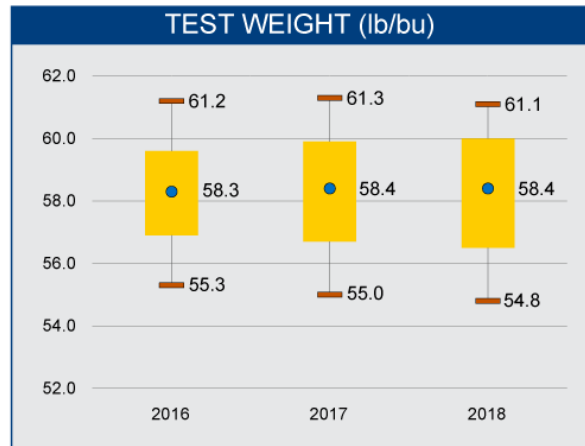
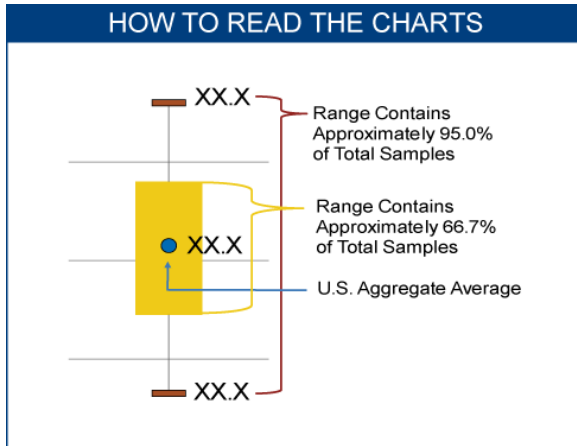
米国農務省(USDA)の連邦穀物検査部 (FGIS) は、様々な品質特性の測定に用いる等級や定義、基準を定めています。トウモロコシの等級を決定する特性は容積重、破損粒・異物 (BCFM)、総損傷および熱損傷です。

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等級および換算表」に掲載しています。

### 概要：等級ファクターおよび水分含量

- 容積重の米国集計値平均 (58.4 lb/bu または 75.1 kg/hl) は 2017 年と同じで、2016 年および 5YA をわずかに上回る。この値は No.1 等級トウモロコシの限度値を大幅に上回っている。
- 過去数年と同様に、容積重平均はいずれの ECA でも No.1 等級の下限値を上回っている。
- BCFM の米国集計平均(0.7%)は 2017 年および 5YA を下回り(いずれも 0.8%)、2016 年と同等で、米国 No.1 等級の上限値(56 lb/bu)を大幅に下回っている。
- BCFM のレベルはトウモロコシサンプルの大半 (98.1%)が No.2 等級に認められる上限値 3%以下である。
- BCFM 平均値の ECA 間の差は 0.1%未満である。
- 米国集計サンプルの破損粒平均(0.5%)は昨年および 5YA を下回るものの、2016 年とは同じである。
- 異物混入率の米国集計平均 (0.2%) は昨年および 5YA と同じだが、2016 年を上回る。
- 2018 年の総損傷率の米国集計サンプルの平均は 1.5%で、2017 年を上回り、2016 年および 5YA を下回り、No.1 等級の限界値 (3%) を大幅に下回っている。サンプル全体の 89.2%の損傷粒の割合が 3%以下である。
- 総損傷率は 2018 年、2017 年、2016 年および 5YA で米国北西部 ECA の値が最も低く、ガルフ ECA が 2018 年、2017 年、2016 年および 5YA で最も高いか同率一位である。すべての ECA で平均総損傷率は米国 No.1 等級の限度 (3.0%) を大幅に下回っている。
- いずれのサンプルでも熱損傷は報告されておらず、これは 2017 年、2016 年および 5YA のいずれにおいても同じである。
- 2018 年の水分含量の米国集計平均 (16.0%) は 2017 年および 5YA を下回り、2016 年と同程度である。
- 2018 年の平均水分含量はガルフ ECA と米国北西部 ECA (いずれも 16.1%) が南部鉄道網 ECA (15.5%) を上回っている。南部鉄道網 ECA の平均水分含量レベルは、2018 年、2017 年、2016 年および 5YA のいずれにおいてもすべての ECA の中で最も低い。2018 年の高水分含量サンプルは 2017 年および 2016 年よりも少なく、17%を超える水分含量のサンプルが 2018 年は 24.7%であるが、これに対して 2017 年および 2016 年はそれぞれ 36%と 29%である。この分布から、2018 年は乾燥作業の必要性が前年よりも低いことが分かる。
- 2017 年よりも 2018 年の水分含量が低いとは言え、保管中に発生する可能性のあるカビを防ぐため、水分含量レベルを監視して十分低い状態に維持するよう注意を払う必要がある。

等級ファクター VS. 3年集計比較





## 容積重

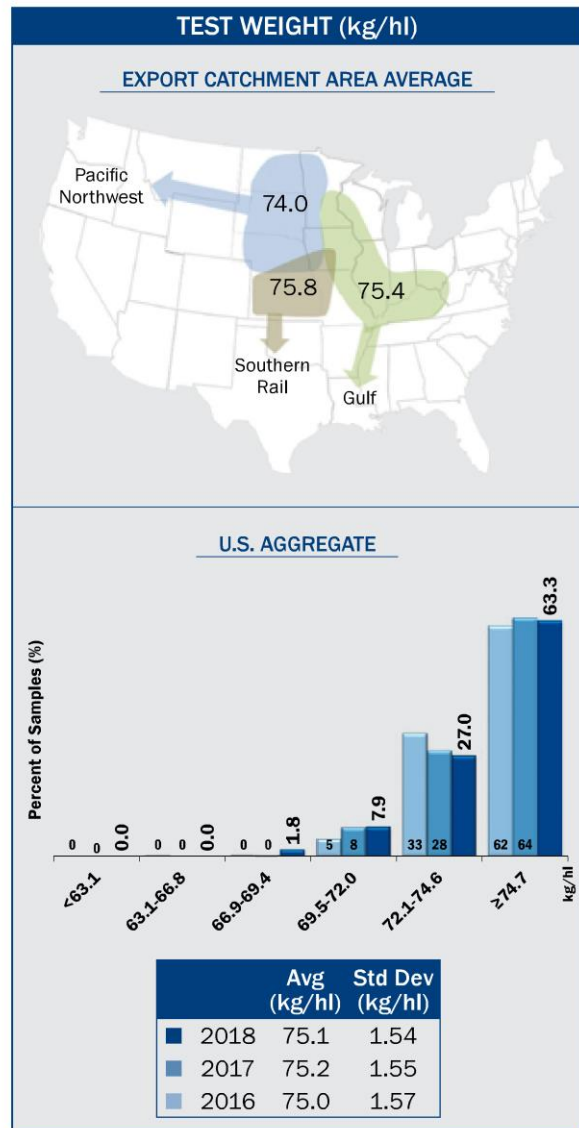
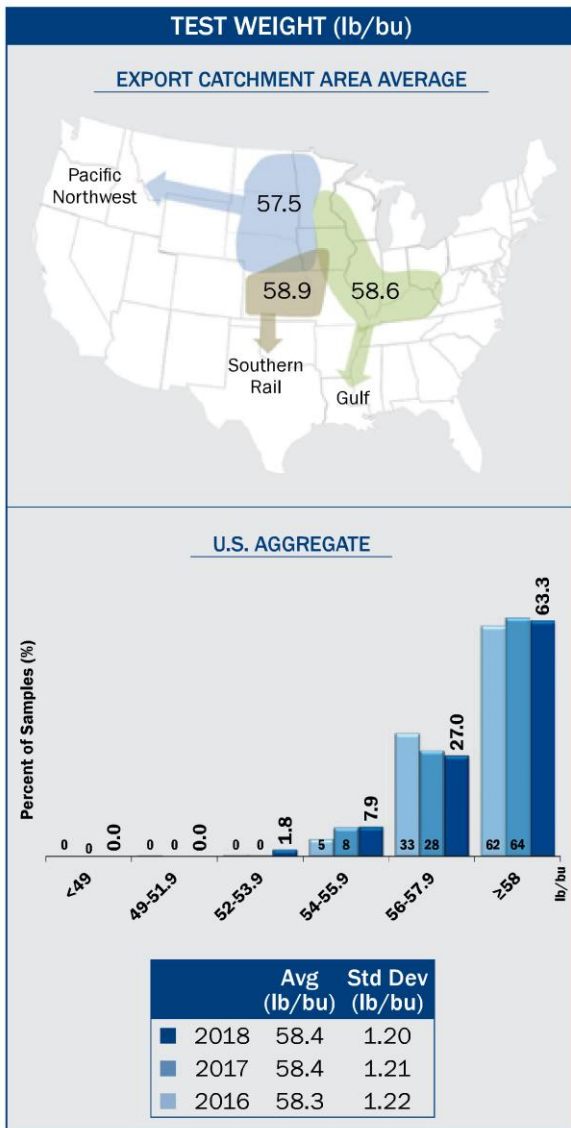
容積重（容積当たりの重量）はかさ密度を表すもので、全体的な品質を示す一般的な指標として、また、アルカリ処理やドライミリング処理する場合の胚乳の硬度を示す目安としてよく用いられます。容積重が高いトウモロコシは容積重が低い同じ重量のトウモロコシよりも少ないスペースで保管することができます。容積重は最初に穀粒の構造上の遺伝子的な差異の影響を受けます。他にも、水分含量や乾燥方法、トウモロコシ粒の物理

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、微生物被害からの影響も受けます。圃場から輸送されてき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、高い容積重の値は通常高品質、高い硬胚乳率、かつ、健康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

- 2018年の容積重の米国集計平均（58.4 lb/bu）は2017年（58.4 lb/bu）と同じであるが、2016年（58.3 lb/bu）および5YA（58.1 lb/bu）を上回っている。
- 2018年の容積重の米国集計平均値はNo.1等級の下限值（56 lb/bu）を大幅に上回っている。
- 2018年の容積重の米国集計の標準偏差（1.20 lb/bu）は2017年（1.21 lb/bu）及び2016年（1.22 lb/bu）と同程度であるが、5YA（1.27 lb/bu）を下回っている。
- 2018年の収穫時サンプルの値のばらつき幅（52.3~62.1または9.8 lb/bu）は2017年収穫時サンプルの値（52.1~62.7 lb/buまたは10.6 lb/bu）および2016年（51.5~61.9 lb/buまたは10.4 lb/bu）を下回っている。
- 2018年の容積重の分布をみると、サンプルの90.3%がNo.1等級ファクターの限度値（56 lb/bu）を上回る。この分布は2017年（92%）および2016年（95%）の56 lb/buを超えるサンプルの割合と同程度である。2018年のサンプルではNo.2等級の限界値（54 lb/bu）を上回っているのは98.2%で、これに対し2017年および2016年は100%であった。
- いずれのECAでも容積重の平均値はNo.1等級の限界値を上回っている。ガルフECA（58.6 lb/bu）および南部鉄道網ECA（58.9 lb/bu）の容積重平均値が最も高い。2018年、2017年、2016年および5YAのいずれでも、米国北西部ECAの容積重（57.5 lb/bu）が最も低い。
- 米国北西部ECAは2018年の容積重が最も低いだけでなく、標準偏差の値（1.37 lb/bu）がガルフ（1.13 lb/bu）および南部鉄道網ECA（1.19 lb/bu）よりも高いことから、ばらつきが最も大きいことも示唆される。

| 米国等級<br>最小容積重   |
|-----------------|
| No. 1: 56.0 lbs |
| No. 2: 54.0 lbs |
| No. 3: 52.0 lbs |





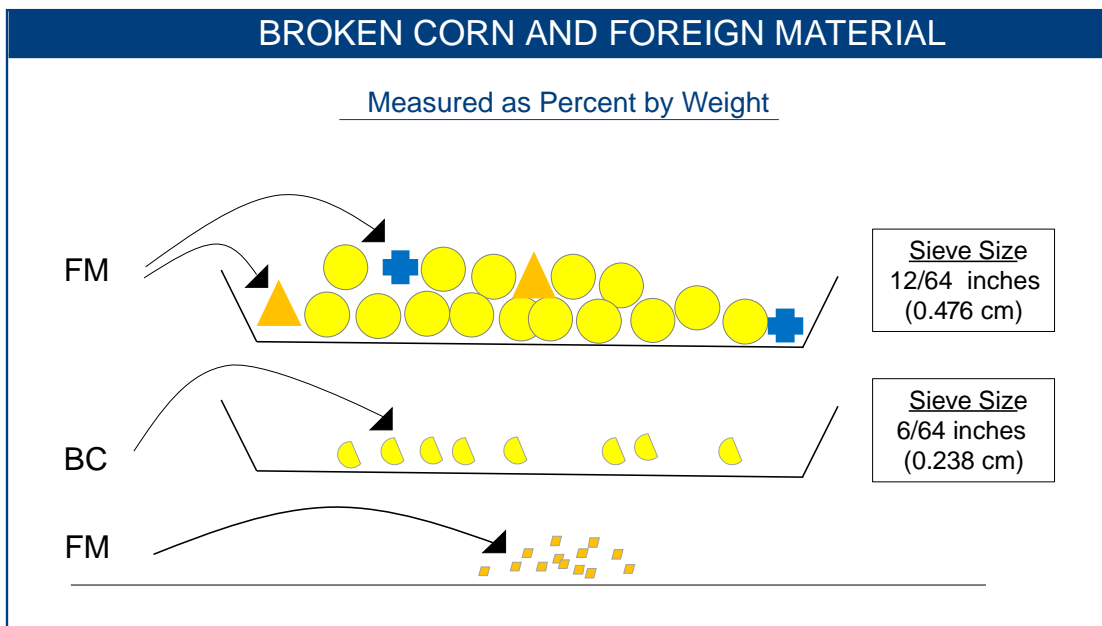
## 破損粒&異物 (BCFM)

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の中で 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にその原因を見いだすことができます。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 の値は乾燥や取り扱いの過程で増加します。収穫時にストレスクラックが多いほど、その後の取り扱い過程で破損粒&BCFM の値が上昇する結果となります。

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、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。

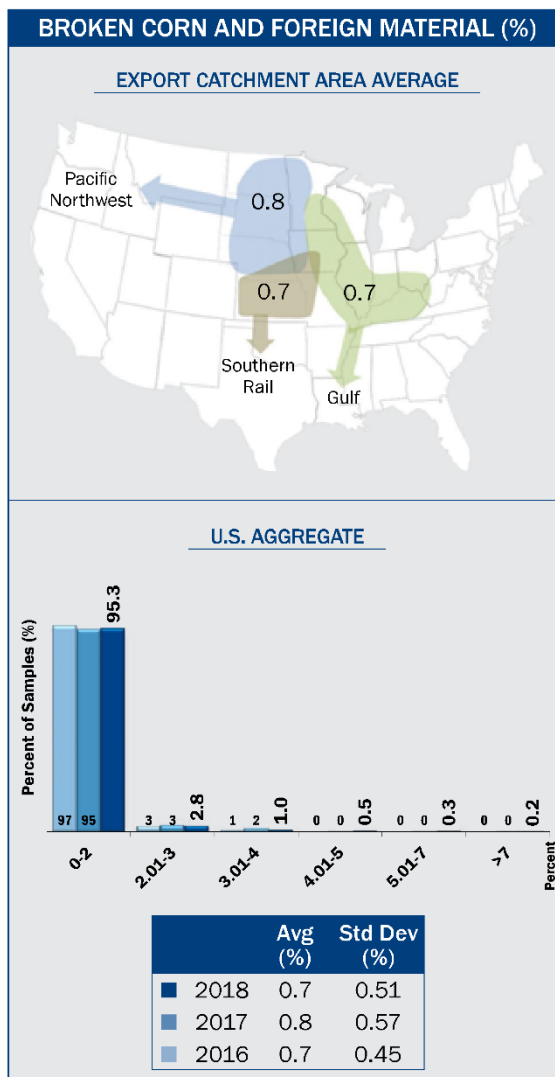
下図は米国産トウモロコシ等級で用いられる破損粒および異物を測定するための方法を示したものです。



**結果**

- 2018年の米国集計 BCFM 平均（0.7%）は2017年（0.8%）を下回り、2016年（0.7%）と同じで、5YA（0.8%）を下回り、米国 No.1 等級の上限値（2.0%）を大幅に下回っている。
- 標準偏差（0.51%）に基づく2018年のBCFMのばらつきは2017年（0.57%）および5YA（0.55%）を下回るが、2016年（0.45%）を上回っている。
- 2018年のBCFMの最大値と最小値の幅（7.5%）は2017年（7.3%）と同程度で、2016年（4.0%）を上回っている。2018年のサンプルの分布では、米国 No.1 等級のBCFMの上限値（2%）を下回っているのは95.3%で、これに対して2017年サンプルでは95%、2016年は97%である。サンプルのほぼすべて（98.1%）がNo.2等級のBCFMの上限値である3%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（それぞれ 0.7%、0.8%、0.7%）の差は0.1%である。BCFM 平均値の ECA 間の差は、2017年、2016年および5YAとも0.0~0.1%である。

| 米国等級<br>BCFM 上限値 |      |
|------------------|------|
| No. 1:           | 2.0% |
| No. 2:           | 3.0% |
| No. 3:           | 4.0% |





## 破損粒

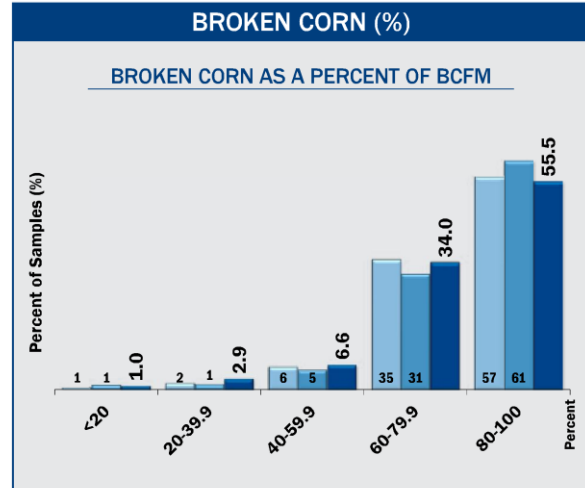
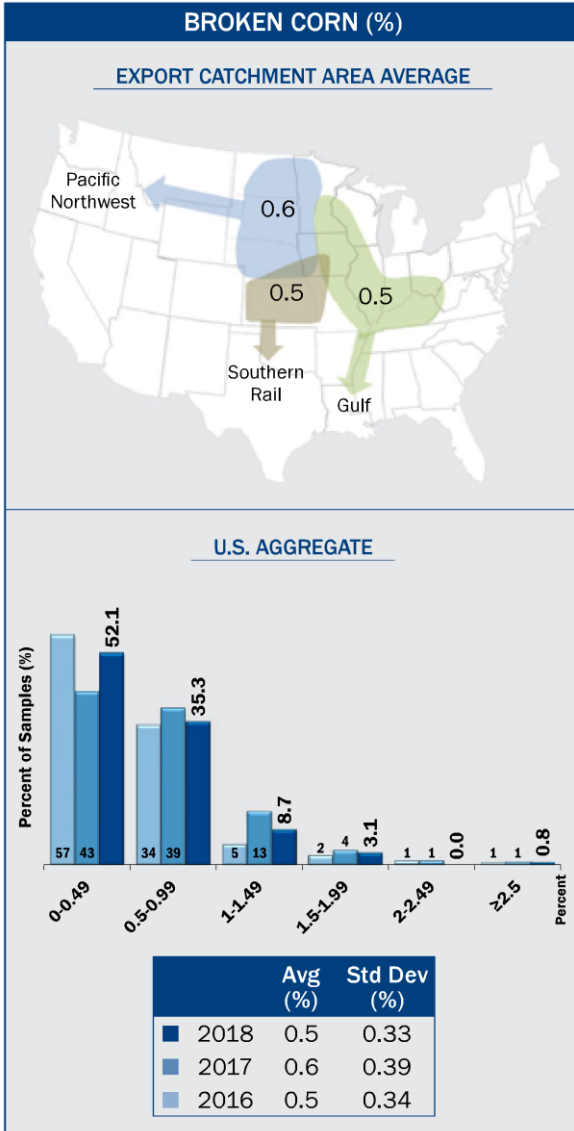
米国等級では破損粒は穀粒のサイズに基づいて測定され、通常わずかな割合ながらトウモロコシ粒以外の物質が含まれます。破損粒は完全粒よりもカビや害虫の被害を受けやすく、取り扱いや加工上の問題を引き起こすことがあります。貯蔵大型ビン内で拡散させたりかき混ぜたりしなければ、

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だ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

- 2018年の米国集計サンプルでは破損粒の平均値は0.5%で、2017年および5YA（0.6%）をわずかに下回り、2016年（0.5%）と同じである。
- 2018年のトウモロコシの破損粒の値のばらつきは、標準偏差からわかるように、過去数年および5YAと同程度である。2018年、2017年、2016年および5YAの標準偏差はそれぞれ0.33%、0.39%、0.34%および0.39%である。
- 2018年の破損粒の値の変動幅（3.6%）は2017年（3.5%）と2016年（3.8%）の間に位置する。
- 2018年のサンプル分布では破損粒1.0%以上のものが12.6%を占め、これに対し2017年では19%、2015年では9%を占める。
- ガルフ ECA、米国北西部 ECA および南部鉄道網 ECA（それぞれ平均値は0.5%、0.6%および0.5%）いずれでも破損粒の割合はほぼ同じである。
- BCFMに占める破損粒の割合（パーセント）を示した次ページの分布図は、サンプルの55.5%でBCFMの80%以上が破損粒から構成されていることを示している。この結果は過去数年の結果とほぼ同じである。







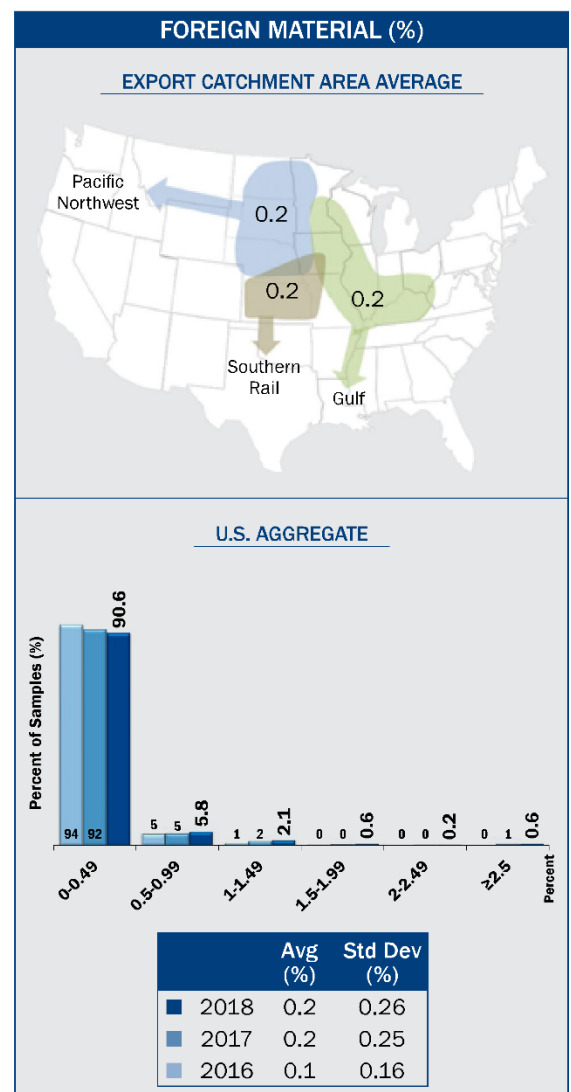
## 異物

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

- 2018年および2017年のいずれも米国集計サンプルの異物の割合は平均0.2%で、2016年（0.1%）を上回っているが、5YA（0.2%）と同じである。コンバインは非常に小さな物質の大半を除去するよう設計されており、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、この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、2018年の米国集計サンプル（0.26%）は2017年（0.25%）とほぼ同じで、2016年（0.16%）を上回っているが、5YA（0.22%）とほぼ同じである。
- 2018年サンプルの異物のばらつき幅（0.0~7.3%）は2017年（0~6.3%）および2016年（0~1.6%）を上回っている。
- 2018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90.6%で、基本的に2017年（92%）および2016年（94%）と同じである。
- ガルフ、米国北西部および南部鉄道網の3ECA地域すべてで、異物の割合は0.2%である。2018年、2017年および5YA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。2016年では3ECA地域の異物平均値は0.1または0.2%である。



## 総損傷

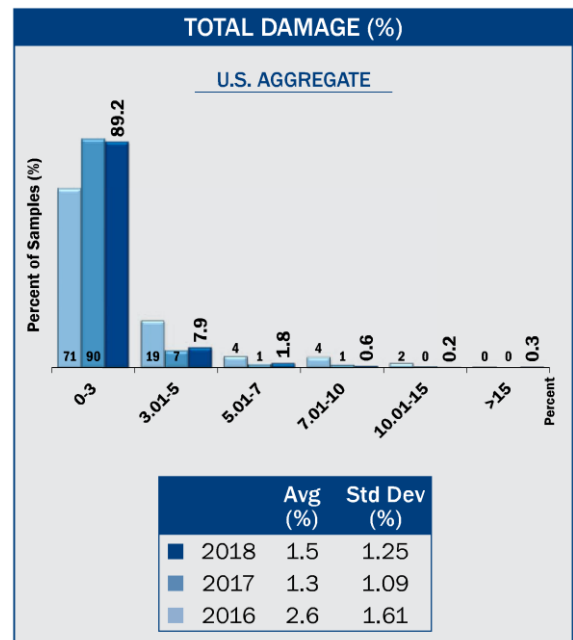
総損傷率とは、熱や霜、害虫、発芽、病害、天候、土壌、細菌、カビに起因する損傷を含め、どのようなかたちであれ、目視検出可能な被害や損傷のある穀粒とそのかけらの割合です。こうした種類の損傷の大半は一種の退色や穀粒の質感の変化を引き起こします。割れていること以外に外観上の異常が見られない穀粒のかけらは損傷粒に含めません。

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多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、圃場のカビ菌は複数あり、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がありますが、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。

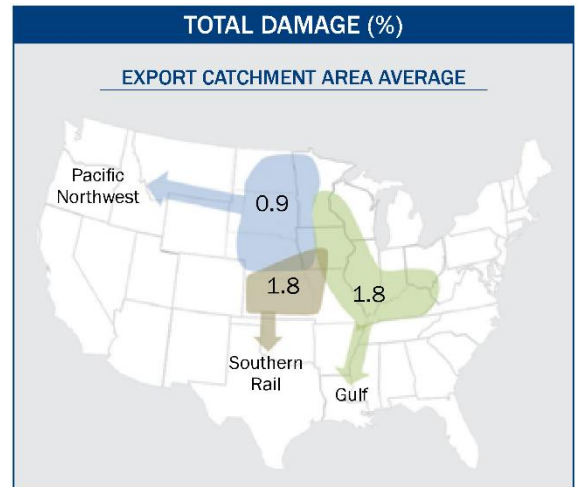
## 結果

- 2018年の米国集計の総損傷平均値（1.5%）は2017年（1.3%）を上回り、2016年（2.6%）を下回るが、5YA（1.6%）とほぼ同じである。2018年の総損傷平均値は米国 No.1 等級の限界値（3.0%）を大幅に下回っている。
- 標準偏差（1.25%）に基づく2018年の総損傷値のばらつきは2017年（1.09%）および5YA（1.19%）を上回っているが、2016年（1.61%）を下回っている。
- 2018年の総損傷の幅（0～19.3%）は2017年（0.0～13.6%）を上回り、2016年（0.0～23.1%）を下回っている。
- 2018年サンプルの総損傷の分布をみると、損傷粒の割合が3%以下のものは89.2%、5%以下のものは97.1%で、これに対し2017年の値はそれぞれ90%と97%、2016年は71%と90%である。





- ECA 別に総損傷平均値を見ると、ガルフ ECA が 1.8%、米国北西部 ECA が 0.9%、南部鉄道網 ECA が 1.8%となっている。2018 年、2017 年、2016 年および 5YA を通じて総損傷平均値は米国北西部 ECA が最も低く、ガルフ ECA の値が最も高いか同率一位である。
- すべての ECA で総損傷の平均値が米国 No.1 等級の限界値（3.0%）を大幅に下回っている。



| 米国等級総損傷<br>上限値 |      |
|----------------|------|
| No. 1:         | 3.0% |
| No. 2:         | 5.0% |
| No. 3:         | 7.0% |

## 熱損傷

熱損傷は総損傷を構成するサブセットのひとつで、米国等級基準では別途許容値が設定されています。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

- 2017 年、2016 年および 5YA 同様、2018 年のいずれのサンプルでも熱損傷は報告されていない。
- 熱損傷が存在しない理由の可能性のひとつとして、新鮮なサンプルが圃場から直接エレベーターに輸送されており、人工乾燥が最低限に抑えられたことが考えられる。

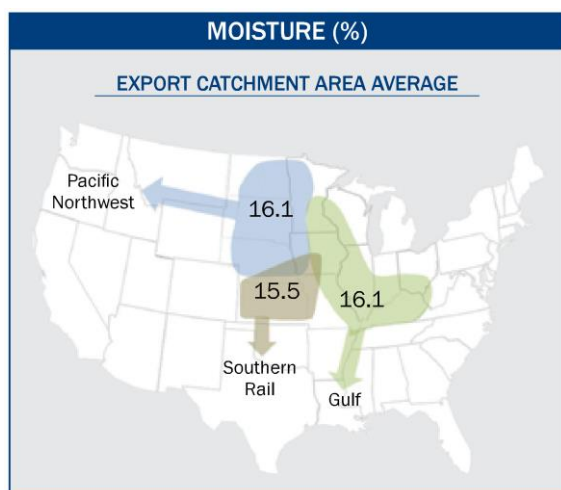
| 米国等級熱損傷<br>上限値 |      |
|----------------|------|
| No. 1:         | 0.1% |
| No. 2:         | 0.2% |
| No. 3:         | 0.5% |

## B. 水分含量

水分含量は公的な等級証明書に記載され、通常、契約書に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。水分含量は売買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、保管性を示す可能性があり、また容積重にも影響を及ぼします。収穫時の水分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ます。水分含量および必要とされる乾燥の程度がストレスクラックや破損、発芽にも影響を及ぼします。

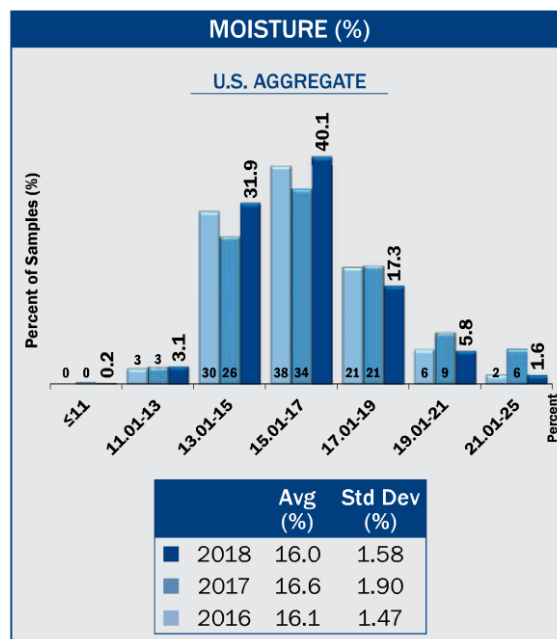
### 結果<sup>2</sup>

- 8年にわたる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、2013年の17.3%が最大である。2018年のエレベーターにおいて記録された米国集計水分含量の平均は16.0%で、2017年（16.6%）、2016年（16.1%）および5YA（16.5%）を下回る。



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る多大な損傷が発生しやすくなることがあります。生育期間中の気候はトウモロコシの収量や穀粒の組成、成長に影響を及ぼし、その一方、収穫時のトウモロコシの水分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通常の下条件下で6~12か月間良好な品質を維持するには、水分含量14%以下の傷のないトウモロコシを通気のある保管場所で保管し、1年を超える保管では水分含量は13%以下を勧めています<sup>1</sup>。

- 2018年米国集計の標準偏差（1.58%）は2017年（1.90%）および5YA（1.80%）を下回るが、2016年（1.47%）をわずかに上回る。

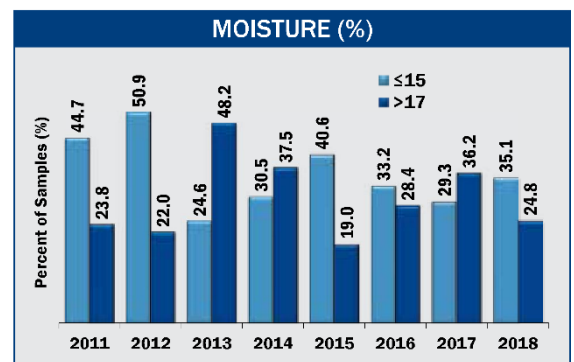
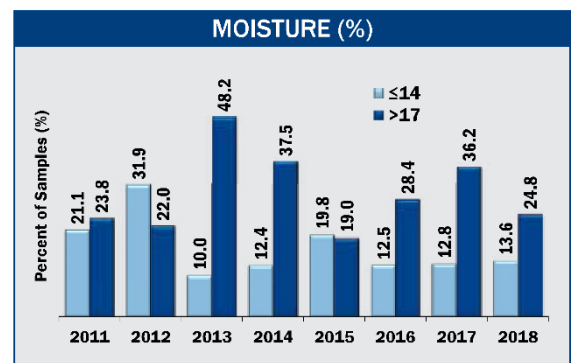
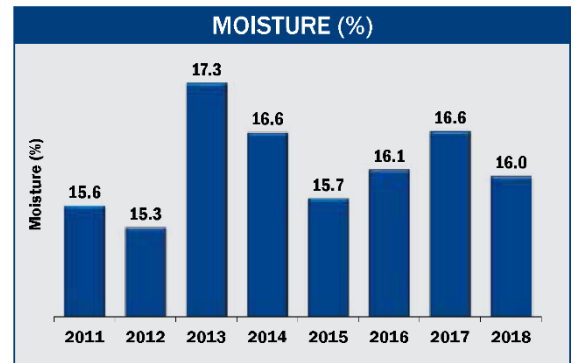


<sup>1</sup> WPS-13. 1988. 「穀物の乾燥、取り扱いおよび保管についてのハンドブック」 Midwest Plan Service No. 13. アイオワ州立大学 Ames, IA 50011.

<sup>2</sup> 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。



- 2018年サンプルの水分含量のばらつき幅（10.1～25.0%）は2017年（9.0～24.4%）および2016年（11.2～23.7%）とほぼ同じである。
- 2018年の高水分含量のサンプルの割合は2017年および2016年より小さく、水分含量が17%を超えるサンプルが24.8%で、これに対し2017年が36.2%、2016年が28.4%である。この分布は2017年および2016年のトウモロコシよりも2018年の方が乾燥の必要性が低いことを示唆している。
- 2018年のトウモロコシで水分含量が14%以下のものはサンプル全体の13.6%で、これに対し2017年は12.8%、2016年は12.5%であった。一般に、水分含量の値が14%以下というのは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。
- 2018年のサンプルの中で水分含量が15%以下のものの割合は35.1%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%である。この水分含量値は冬期低温時の短期間保存には安全なレベルと考えられている。
- ガルフ ECA および米国北西部 ECA から入手したトウモロコシの平均水分含量（いずれも16.1%）は南部鉄道網 ECA（15.5%）を上回っている。
- 2018年、2017年、2016年および5YAのいずれにおいても、南部鉄道網 ECA の平均水分含量はすべての ECA 地域の中で最も低い。一般に圃場での乾燥に適した気象条件であることから、南部鉄道網 ECA から入手したサンプルは通常他の ECA よりも低い水分含量となる。
- 2018年の水分含量は2017年および5YAを幾分下回るものの、水分レベルを管理し、十分に低いレベルに維持するために注意を払い、カビが発生する可能性を回避しなければならない。



### まとめ: 等級ファクターと水分含量

|              | 2018収穫                 |      |          |      |      | 2017 収穫                |       |          | 2016 収穫                |              |          | 5年平均<br>(2013-2017) |          |              |  |  |
|--------------|------------------------|------|----------|------|------|------------------------|-------|----------|------------------------|--------------|----------|---------------------|----------|--------------|--|--|
|              | サンプル<br>数 <sup>1</sup> | 平均   | 標準<br>偏差 | 最小   | 最大   | サンプル<br>数 <sup>1</sup> | 平均    | 標準<br>偏差 | サンプル<br>数 <sup>1</sup> | 平均           | 標準<br>偏差 | 平均                  | 標準<br>偏差 |              |  |  |
| <b>米国集計</b>  |                        |      |          |      |      | <b>米国集計</b>            |       |          |                        | <b>米国集計</b>  |          |                     |          | <b>米国集計</b>  |  |  |
| 容積重 (lb/bu)  | 618                    | 58.4 | 1.20     | 52.3 | 62.1 | 627                    | 58.4  | 1.21     | 624                    | 58.3         | 1.22     | 58.1                | 1.27     |              |  |  |
| 容積重 (kg/hl)  | 618                    | 75.1 | 1.54     | 67.3 | 79.9 | 627                    | 75.2  | 1.55     | 624                    | 75.0         | 1.57     | 74.8                | 1.64     |              |  |  |
| BCFM (%)     | 618                    | 0.7  | 0.51     | 0.0  | 7.5  | 627                    | 0.8*  | 0.57     | 624                    | 0.7*         | 0.45     | 0.8                 | 0.55     |              |  |  |
| 破損粒 (%)      | 618                    | 0.5  | 0.33     | 0.0  | 3.6  | 627                    | 0.6*  | 0.39     | 624                    | 0.5          | 0.34     | 0.6                 | 0.39     |              |  |  |
| 異物 (%)       | 618                    | 0.2  | 0.26     | 0.0  | 7.3  | 627                    | 0.2   | 0.25     | 624                    | 0.1*         | 0.16     | 0.2                 | 0.22     |              |  |  |
| 総損傷 (%)      | 618                    | 1.5  | 1.25     | 0.0  | 19.3 | 627                    | 1.3*  | 1.09     | 624                    | 2.6*         | 1.61     | 1.6                 | 1.19     |              |  |  |
| 熱損傷 (%)      | 618                    | 0.0  | 0.00     | 0.0  | 0.0  | 627                    | 0.0   | 0.00     | 624                    | 0.0          | 0.00     | 0.0                 | 0.00     |              |  |  |
| 水分含量 (%)     | 618                    | 16.0 | 1.58     | 10.1 | 25.0 | 627                    | 16.6* | 1.90     | 624                    | 16.1         | 1.47     | 16.5                | 1.80     |              |  |  |
| <b>ガルフ</b>   |                        |      |          |      |      | <b>ガルフ</b>             |       |          |                        | <b>ガルフ</b>   |          |                     |          | <b>ガルフ</b>   |  |  |
| 容積重 (lb/bu)  | 587                    | 58.6 | 1.13     | 52.3 | 62.1 | 612                    | 58.6  | 1.18     | 612                    | 58.4*        | 1.24     | 58.2                | 1.27     |              |  |  |
| 容積重 (kg/hl)  | 587                    | 75.4 | 1.46     | 67.3 | 79.9 | 612                    | 75.4  | 1.52     | 612                    | 75.1*        | 1.59     | 75.0                | 1.63     |              |  |  |
| BCFM (%)     | 587                    | 0.7  | 0.50     | 0.0  | 7.5  | 612                    | 0.8*  | 0.58     | 612                    | 0.7          | 0.45     | 0.8                 | 0.55     |              |  |  |
| 破損粒 (%)      | 587                    | 0.5  | 0.32     | 0.0  | 3.6  | 612                    | 0.6*  | 0.39     | 612                    | 0.5          | 0.34     | 0.6                 | 0.39     |              |  |  |
| 異物 (%)       | 587                    | 0.2  | 0.26     | 0.0  | 7.3  | 612                    | 0.2   | 0.27     | 612                    | 0.2*         | 0.17     | 0.2                 | 0.22     |              |  |  |
| 総損傷 (%)      | 587                    | 1.8  | 1.41     | 0.0  | 19.3 | 612                    | 1.6*  | 1.33     | 612                    | 3.2*         | 1.88     | 1.9                 | 1.41     |              |  |  |
| 熱損傷 (%)      | 587                    | 0.0  | 0.00     | 0.0  | 0.0  | 612                    | 0.0   | 0.00     | 612                    | 0.0          | 0.00     | 0.0                 | 0.00     |              |  |  |
| 水分含量 (%)     | 587                    | 16.1 | 1.58     | 10.1 | 25.0 | 612                    | 17.0* | 2.06     | 612                    | 16.2         | 1.48     | 16.7                | 1.87     |              |  |  |
| <b>米国北西部</b> |                        |      |          |      |      | <b>米国北西部</b>           |       |          |                        | <b>米国北西部</b> |          |                     |          | <b>米国北西部</b> |  |  |
| 容積重 (lb/bu)  | 288                    | 57.5 | 1.37     | 52.3 | 62.1 | 291                    | 57.7  | 1.28     | 301                    | 58.0*        | 1.19     | 57.3                | 1.29     |              |  |  |
| 容積重 (kg/hl)  | 288                    | 74.0 | 1.77     | 67.3 | 79.9 | 291                    | 74.2  | 1.65     | 301                    | 74.6*        | 1.53     | 73.8                | 1.66     |              |  |  |
| BCFM (%)     | 288                    | 0.8  | 0.58     | 0.1  | 5.4  | 291                    | 0.9   | 0.55     | 301                    | 0.7*         | 0.45     | 0.9                 | 0.60     |              |  |  |
| 破損粒 (%)      | 288                    | 0.6  | 0.39     | 0.1  | 3.2  | 291                    | 0.7   | 0.40     | 301                    | 0.6          | 0.35     | 0.7                 | 0.42     |              |  |  |
| 異物 (%)       | 288                    | 0.2  | 0.24     | 0.0  | 4.0  | 291                    | 0.2   | 0.23     | 301                    | 0.1*         | 0.13     | 0.2                 | 0.24     |              |  |  |
| 総損傷 (%)      | 288                    | 0.9  | 0.83     | 0.0  | 11.2 | 291                    | 0.6*  | 0.49     | 301                    | 1.0          | 0.75     | 0.6                 | 0.56     |              |  |  |
| 熱損傷 (%)      | 288                    | 0.0  | 0.00     | 0.0  | 0.0  | 291                    | 0.0   | 0.00     | 301                    | 0.0          | 0.00     | 0.0                 | 0.00     |              |  |  |
| 水分含量 (%)     | 288                    | 16.1 | 1.75     | 10.1 | 25.0 | 291                    | 16.1  | 1.78     | 301                    | 15.9         | 1.50     | 16.0                | 1.73     |              |  |  |
| <b>南部鉄道網</b> |                        |      |          |      |      | <b>南部鉄道網</b>           |       |          |                        | <b>南部鉄道網</b> |          |                     |          | <b>南部鉄道網</b> |  |  |
| 容積重 (lb/bu)  | 355                    | 58.9 | 1.19     | 53.6 | 61.9 | 393                    | 58.8  | 1.21     | 395                    | 58.5*        | 1.22     | 58.4                | 1.27     |              |  |  |
| 容積重 (kg/hl)  | 355                    | 75.8 | 1.53     | 69.0 | 79.7 | 393                    | 75.6  | 1.56     | 395                    | 75.4*        | 1.57     | 75.2                | 1.64     |              |  |  |
| BCFM (%)     | 355                    | 0.7  | 0.44     | 0.0  | 7.5  | 393                    | 0.8*  | 0.52     | 395                    | 0.7*         | 0.43     | 0.8                 | 0.50     |              |  |  |
| 破損粒 (%)      | 355                    | 0.5  | 0.28     | 0.0  | 1.9  | 393                    | 0.7*  | 0.39     | 395                    | 0.5          | 0.31     | 0.6                 | 0.36     |              |  |  |
| 異物 (%)       | 355                    | 0.2  | 0.25     | 0.0  | 7.3  | 393                    | 0.2   | 0.19     | 395                    | 0.2*         | 0.16     | 0.2                 | 0.20     |              |  |  |
| 総損傷 (%)      | 355                    | 1.8  | 1.23     | 0.0  | 15.3 | 393                    | 1.3*  | 0.97     | 395                    | 2.5*         | 1.78     | 1.5                 | 1.10     |              |  |  |
| 熱損傷 (%)      | 355                    | 0.0  | 0.00     | 0.0  | 0.0  | 393                    | 0.0   | 0.00     | 395                    | 0.0          | 0.00     | 0.0                 | 0.00     |              |  |  |
| 水分含量 (%)     | 355                    | 15.5 | 1.35     | 10.1 | 22.0 | 393                    | 15.8* | 1.48     | 395                    | 15.7*        | 1.35     | 15.9                | 1.53     |              |  |  |

\*は有意水準95%で実施した両側 t 検定に基づき、平均値が2018年との間で有意な差を示していることを意味する。

<sup>1</sup> 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。

<sup>2</sup> 収穫密度平均を予測する相対MEが±10%を超える。



## 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

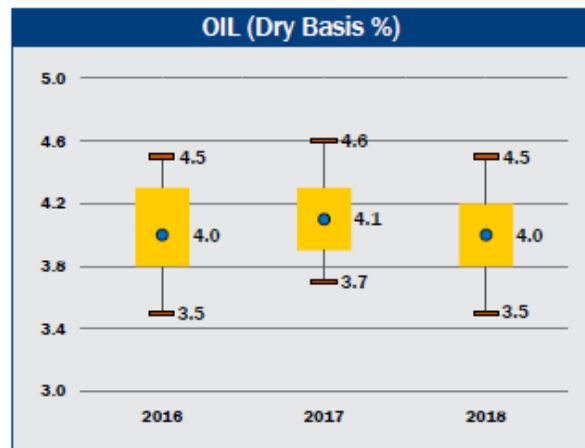
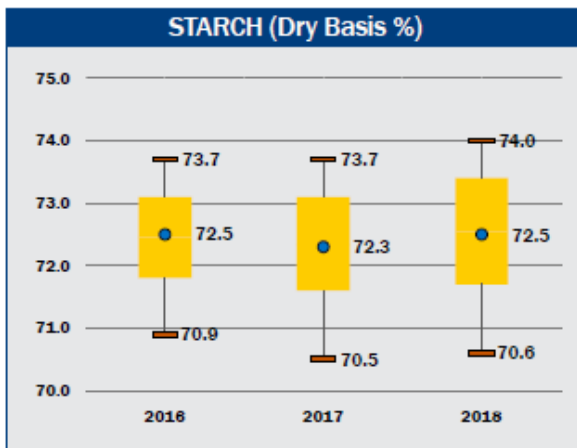
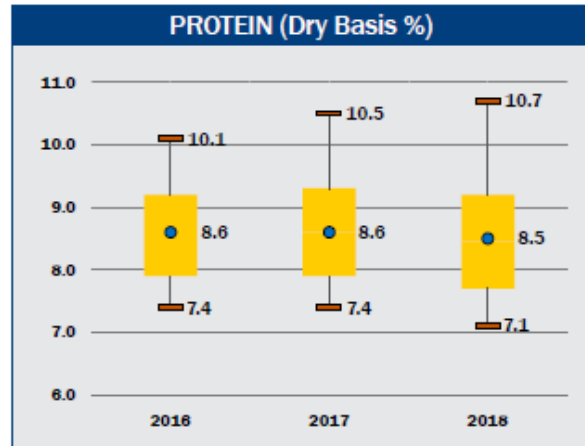
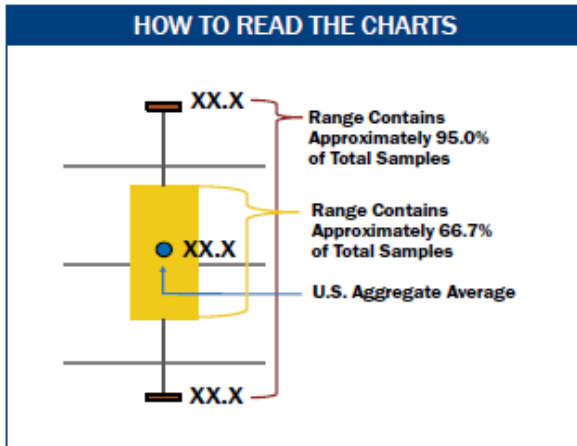
や、ウェットミリング等トウモロコシを加工するための追加的な情報となるものです。多くの物理的特性とは異なり、化学組成の値は保管中または輸送中に大幅に変化するとは考えられません。

### 概要：化学組成

- 2018年の米国集計タンパク質含有率（乾物比8.5%）は2017年および2016年（いずれも8.6%）を下回っているが、5YA（8.5%）と同水準である。
- 2018年、2017年、2016年および5YAのいずれにおいても、ガルフ ECA のタンパク質含有率は他の ECA 地域の値を下回っている。
- 2018年の米国集計デンプン含有率平均値（乾物比72.5%）は2017年および2016年と似通っているが、5YA（73.1%）を下回っている。
- 2018年、2017年、2016年および5YAのいずれにおいても、ガルフ ECA のデンプン含有率は米国北西部 ECA および南部鉄道網 ECA を上回っている。
- 2018年の米国集計油分含有率平均値（乾物比4.0%）は2017年（4.1%）を下回り、2016年（4.0%）と同じで、5YA（3.9%）を上回っている。
- 2018年、2017年および2016年の化学組成のばらつきがほぼ同水準であるのは、タンパク質、デンプンおよび油分の標準偏差の値が同水準であることに基づいている。
- ガルフ ECA、米国北西部 ECA および南部鉄道網 ECA の油分含有率の平均値はすべて4%である。2018年、2017年、2016年および5YAのいずれにおいても、油分含有率の平均値の各 ECA 間のばらつきは0.1%以内である。



化学組成 VS. 3年集計比較



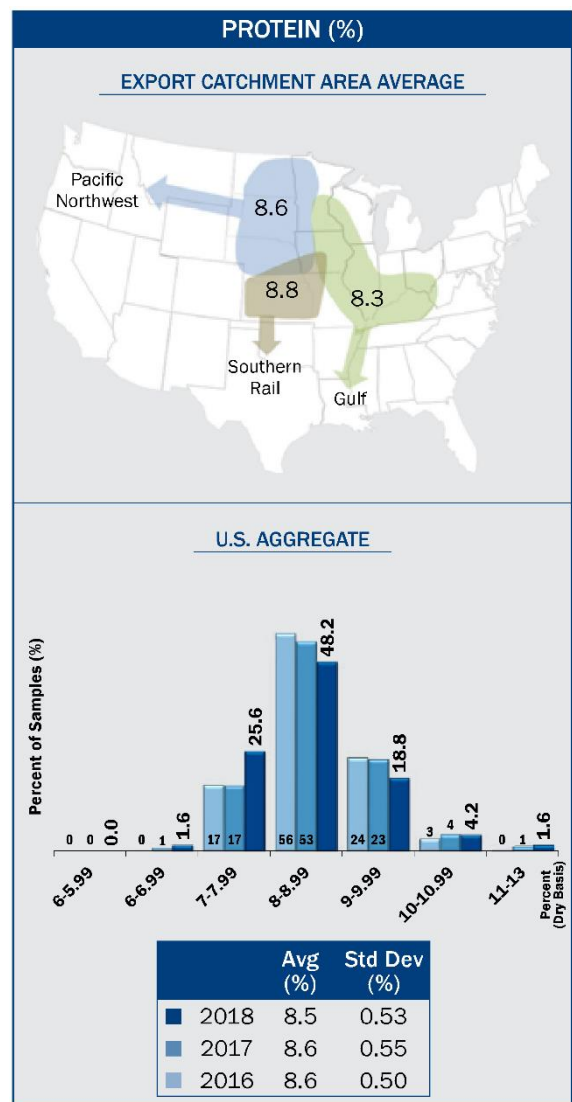
## タンパク質

タンパク質は必須含硫アミノ酸を供給し、飼料要求効率の改善に寄与するという点で、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有量が減少する傾向があります。タ

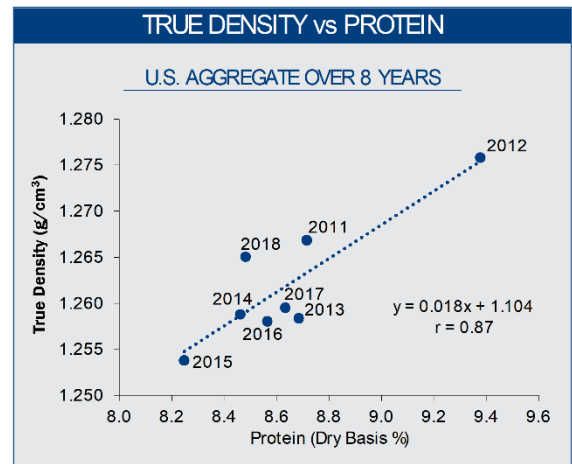
ンパク質の含有率は、通常、デンプンの含有率と負の相関関係にあります。報告結果は乾物ベースの値です。

### 結果

- 2018年の米国集計タンパク質含有率平均値は8.5%で、2017年および2016年（いずれも8.6%）を下回っているが、5YA（8.5%）と同じである。
- 2018年の米国集計タンパク質含有率の標準偏差平均値（0.53%）は2017年（0.55%）、2016年（0.50%）および5YA（0.56%）とほぼ同じである。
- 2018年のタンパク質含有率のばらつき幅（6.6～11.9%）は2017年（6.4～12.2%）および2016年（6.8～11.7%）の幅とほぼ同じである。
- 2018年のタンパク質含有率の分布では、8.0%未満のものが27.2%、8.0%から8.99%のものが48.2%、9%以上のものが24.6%を占めている。2018年のタンパク質含有率分布は、2017年および2016年よりもタンパク質含有率の少ないサンプル数が多いことを示している。
- ガルフ ECA、米国北西部 ECA および南部鉄道網 ECA のタンパク質含有率平均値はそれぞれ8.3%、8.6%、8.8%である。2018年、2017年、2016年、および5YA のいずれにおいてもガルフ ECA のタンパク質含有率の値が最も低い。



- 右図に示すように、過去8年の米国集計平均値から、タンパク質含有率が増加すると真の密度も上昇することが分かる（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有率が低下し、真の密度が高い年はタンパク質含有率が上昇する。



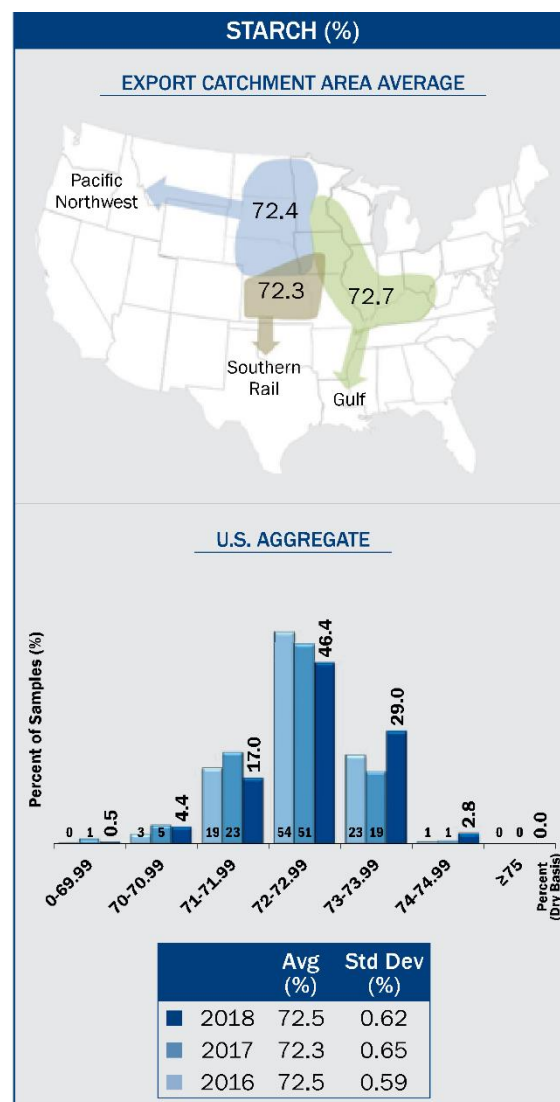
## デンプン

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。デンプン含有率の高さは、多くの場合、穀粒の生育・登熟状態が良好であり、穀

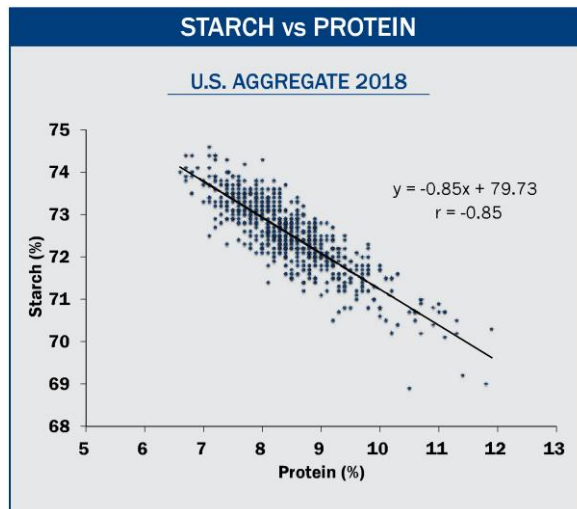
粒密度も適度であることを示唆します。通常、デンプン含有率はタンパク質含有率と負の相関関係にあります。報告結果は乾物ベースの値です。

### 結果

- 2018年の米国集計デンプン含有率の平均（72.5%）は2017年（72.3%）および2016年（72.5%）とほぼ同じであるが、5YA（73.1%）を下回っている。
- 2018年の米国集計デンプン標準偏差の値（0.62%）は2017年（0.65%）、2016年（0.59%）および5YA（0.63%）と同程度である。
- 2018年のデンプン含有率のばらつき幅（68.9～74.6%）は2017年（69.0～74.2%）および2016年（69.2～74.3%）と同程度である。
- 2018年のデンプン含有率の分布では、72%未満のものがサンプルの21.9%を占め、72.0～72.99%のものが46.4%、73.0%以上のものが31.8%を占めている。この分布は2018年のデンプン含有率73%以上のサンプル数が2017年および2016年よりも多いことを示している。



- ガルフ ECA、米国北西部 ECA および南部鉄道網 ECA のデンプン含有率平均値はそれぞれ 72.7%、72.4%および 72.3%である。ガルフ ECA のデンプン含有率平均値は 2018 年、2017 年、2016 年および 5YA のいずれでも最も高い。従って、2018 年、2017 年、2016 年および 5YA のいずれでも、ガルフ ECA のデンプン含有率が最も高く、タンパク質含有率が最も低いということになる。
- デンプンとタンパク質はトウモロコシの 2 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横の図で、デンプンとタンパク質との間に負の相関関係 (-0.85) があることが分かる。



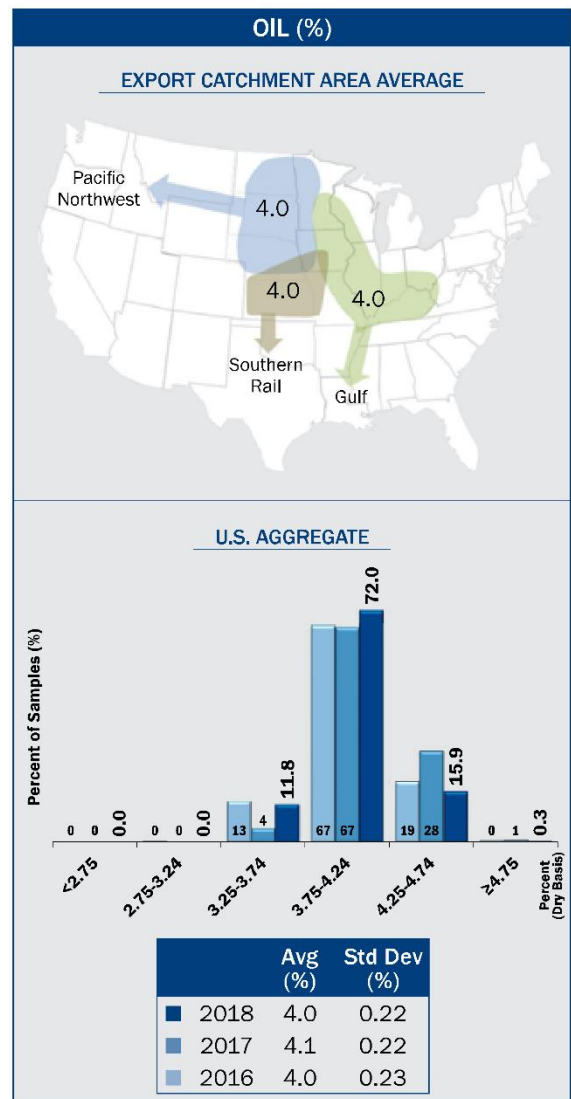
## 油分

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

- 2018年の米国集計油分含有率の平均値（4.0%）は2017年（4.1%）を下回り、2016年（4.0%）と同じで、5YA（3.9%）を上回っている。
- 2018年の米国集計油分含有率の標準偏差（0.22%）は2017年と同じ、2016年（0.23%）とほぼ同じであるが、5YA（0.28%）を下回っている。
- 2018年の油分含有率のばらつき幅（3.3~5.2%）は2017年（3.3~5.5%）および2016年（3.2~4.9%）とほぼ同じである。
- 2018年の油分含有率の分布では、3.74%以下のものがサンプルの11.8%を占め、3.75~4.24%のものが72.0%、4.25%以上のものが16.2%を占めている。2018年のこの分布は油分含有率4.25%以上のサンプル数が2017年よりも少ないが、2016年とはほぼ同程度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 の油分含有率平均はいずれも 4.0%である。2018年、2017年、2016年および5YAのいずれにおいても、ECA間の油分含有率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

|                    | 2018収穫             |      |          |      |      | 2017収穫             |       |          | 2016収穫             |       |          | 5年平均<br>(2013-2017) |      |  |
|--------------------|--------------------|------|----------|------|------|--------------------|-------|----------|--------------------|-------|----------|---------------------|------|--|
|                    | サンプル数 <sup>1</sup> | 平均   | 標準<br>偏差 | 最小   | 最大   | サンプル数 <sup>1</sup> | 平均    | 標準<br>偏差 | サンプル数 <sup>1</sup> | 平均    | 標準<br>偏差 | 平均                  | 標準偏差 |  |
| <b>米国集計</b>        |                    |      |          |      |      | <b>米国集計</b>        |       |          | <b>米国集計</b>        |       |          | <b>米国集計</b>         |      |  |
| タンパク質<br>(乾物ベース %) | 618                | 8.5  | 0.53     | 6.6  | 11.9 | 627                | 8.6*  | 0.55     | 624                | 8.6*  | 0.50     | 8.5                 | 0.56 |  |
| デンプン<br>(乾物ベース%)   | 618                | 72.5 | 0.62     | 68.9 | 74.6 | 627                | 72.3* | 0.65     | 624                | 72.5  | 0.59     | 73.1                | 0.63 |  |
| 油分(乾物ベース%)         | 618                | 4.0  | 0.22     | 3.3  | 5.2  | 627                | 4.1*  | 0.22     | 624                | 4.0   | 0.23     | 3.9                 | 0.28 |  |
| <b>ガルフ</b>         |                    |      |          |      |      | <b>ガルフ</b>         |       |          | <b>ガルフ</b>         |       |          | <b>ガルフ</b>          |      |  |
| タンパク質<br>(乾物ベース %) | 587                | 8.3  | 0.50     | 6.6  | 11.9 | 612                | 8.5*  | 0.54     | 612                | 8.5*  | 0.48     | 8.4                 | 0.55 |  |
| デンプン<br>(乾物ベース%)   | 587                | 72.7 | 0.61     | 68.9 | 74.6 | 612                | 72.4* | 0.64     | 612                | 72.6* | 0.59     | 73.2                | 0.63 |  |
| 油分(乾物ベース%)         | 587                | 4.0  | 0.23     | 3.3  | 5.2  | 612                | 4.1*  | 0.22     | 612                | 4.0*  | 0.24     | 3.9                 | 0.29 |  |
| <b>米国北西部</b>       |                    |      |          |      |      | <b>米国北西部</b>       |       |          | <b>米国北西部</b>       |       |          | <b>米国北西部</b>        |      |  |
| タンパク質<br>(乾物ベース %) | 288                | 8.6  | 0.60     | 6.6  | 11.9 | 291                | 8.9*  | 0.58     | 301                | 8.8*  | 0.55     | 8.8                 | 0.59 |  |
| デンプン<br>(乾物ベース%)   | 288                | 72.4 | 0.64     | 69.0 | 74.4 | 291                | 71.9* | 0.68     | 301                | 72.2* | 0.60     | 72.9                | 0.62 |  |
| 油分(乾物ベース%)         | 288                | 4.0  | 0.21     | 3.3  | 4.7  | 291                | 4.1*  | 0.21     | 301                | 4.1*  | 0.22     | 3.8                 | 0.26 |  |
| <b>南部鉄道網</b>       |                    |      |          |      |      | <b>南部鉄道網</b>       |       |          | <b>南部鉄道網</b>       |       |          | <b>南部鉄道網</b>        |      |  |
| タンパク質<br>(乾物ベース %) | 355                | 8.8  | 0.55     | 6.7  | 11.9 | 393                | 8.8   | 0.54     | 395                | 8.7*  | 0.51     | 8.7                 | 0.58 |  |
| デンプン<br>(乾物ベース%)   | 355                | 72.3 | 0.63     | 70.2 | 74.6 | 393                | 72.3  | 0.62     | 395                | 72.4* | 0.59     | 73.0                | 0.61 |  |
| 油分(乾物ベース%)         | 355                | 4.0  | 0.21     | 3.3  | 4.7  | 393                | 4.1*  | 0.21     | 395                | 4.1*  | 0.23     | 3.9                 | 0.27 |  |

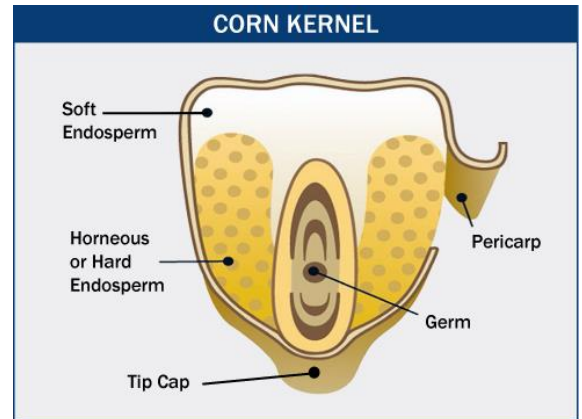
\*は有意水準95%で実施した両側 t 検定に基づき、平均値が2018年との間で有意な差を示していることを意味する。

<sup>1</sup> 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。



## 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、保管性や取り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・取り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。右図に示すように、穀粒の約82%を占める胚乳は軟胚乳（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。



Source: Adapted from Corn Refiners Association, 2011

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。



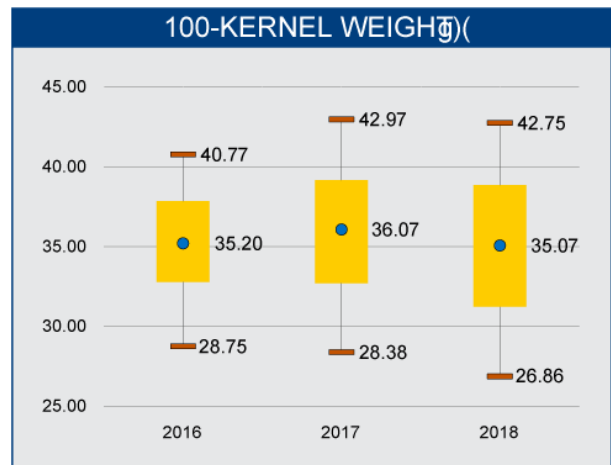
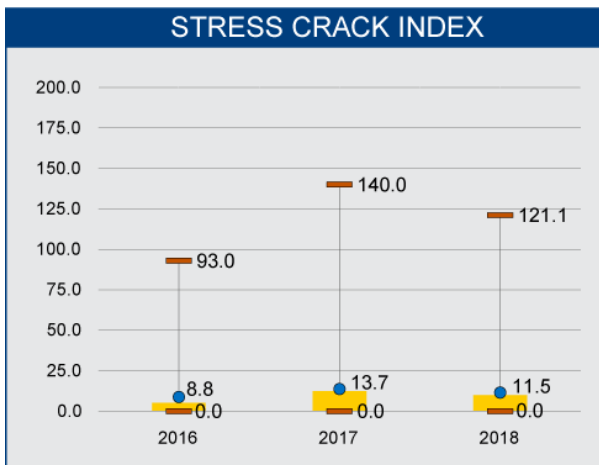
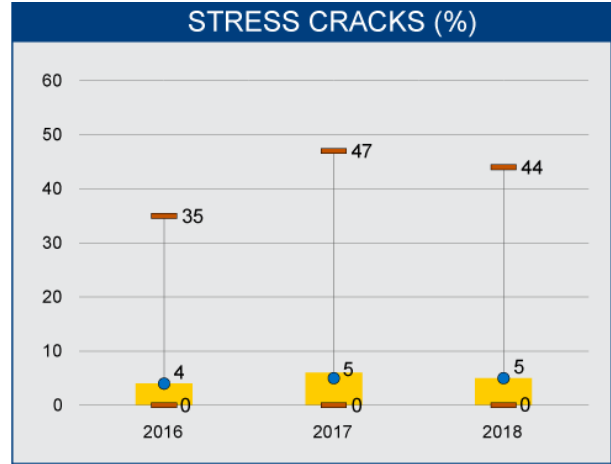
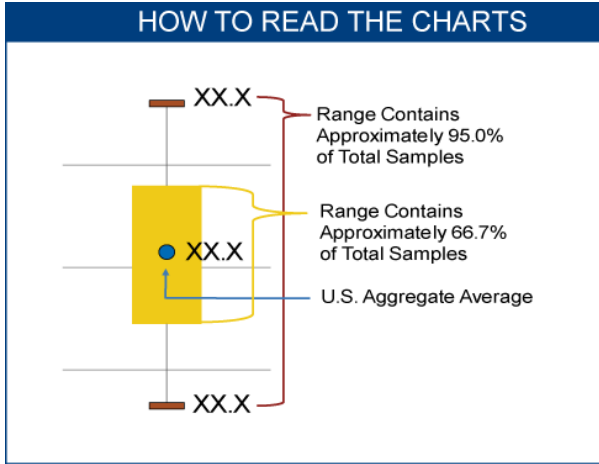


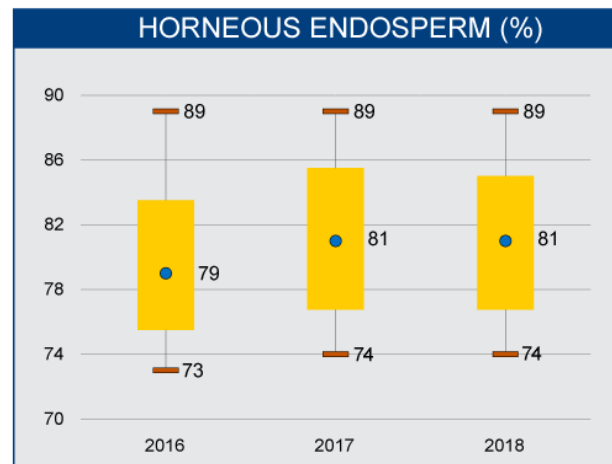
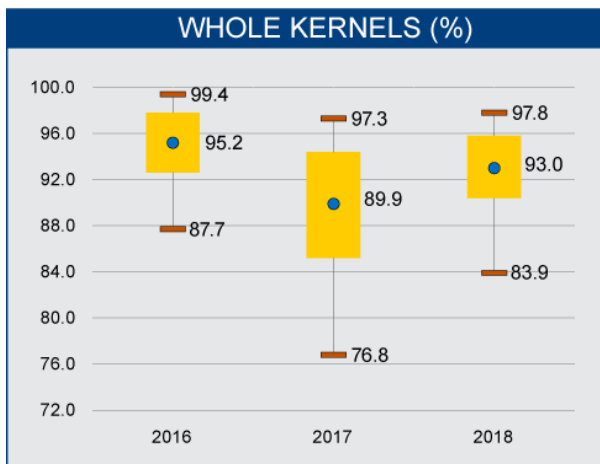
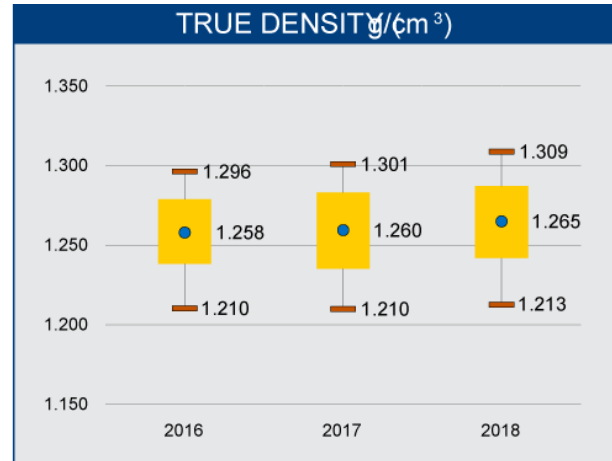
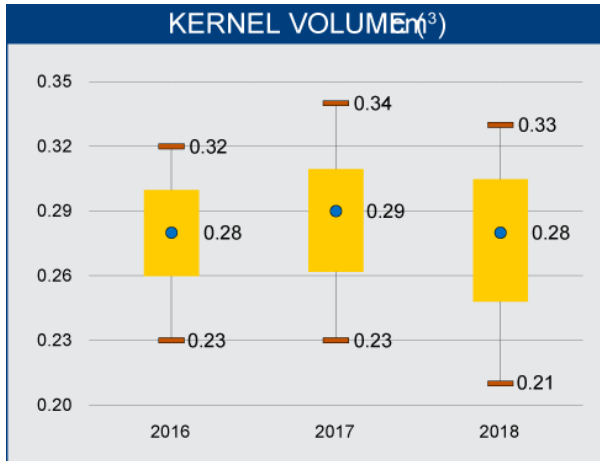
## 概要：物理的ファクター

- 米国集計のストレスクラック（5%）およびストレスクラック指標（SCI）（11.5）の平均値は2017年とほぼ同じで、5YAをわずかに下回るが、これは2018年のトウモロコシの破損し易さが2017年と同程度で、5YAよりわずかに良好であることを示唆している。
- 2018年、2017年、2016年および5YAのいずれにおいても、3ECAの中では南部鉄道網 ECA のストレスクラックおよび SCI の平均値が最も低い。
- 2018年の米国集計の百粒重平均値（35.07g）は2017年を下回り、2016年と同程度であるが、5YAを上回っている。
- 2018年の米国集計穀粒容積平均値（0.28cm<sup>3</sup>）は2017年を下回るが、2016年および5YAと同じである。2018年は2017年よりもサイズの大きな穀粒の割合が低く、2016年および過去数年と同程度である。
- 2018年、2017年、2016年および5YAのいずれにおいても、米国北西部 ECA の百粒重および穀粒容積の平均値が3ECA中最も低い。
- 2018年の米国集計の真の密度平均値は1.265 g/cm<sup>3</sup>で、2017年、2016年および5YAを上回っている。1.275 g/cm<sup>3</sup>を上回る真の密度をもつ穀粒が分布していることから、2018年は2017年および2016年のものよりも硬いトウモロコシであることが示唆される。2018年、2017年、2016年および5YAのいずれにおいても、3ECA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。
- 2018年の米国集計の完全粒の平均値は93.0%で、2017年を上回り、2016年を下回っているが、5YAとは同程度である。
- 米国集計の硬胚乳の平均値（81%）は2017年および5YAと同じであるが、2016年（79%）を上回っている。2018年、2017年、2016年および5YAのいずれにおいても、すべてのECAの米国集計の硬胚乳平均値は1パーセントポイントの範囲内に収まる。真の密度が高い年には硬胚乳平均値が上昇する傾向にある。



物理ファクター VS. 3年集計比較







## ストレスクラック

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

ストレスクラックの計測法には「ストレスクラック率」（1本以上の亀裂のある穀粒の割合）や、1本、2本およびそれを超える複数のストレスクラックの加重平均値を示す「ストレスクラック指標」（SCI）などがあります。「ストレスクラック率」ではストレスクラックのある穀粒の数のみを測定しますが、SCIはストレスクラックの深刻度を示します。例えば、穀粒の半数にストレスクラックが1本だけある場合、「ストレスクラック率」は50%で、SCIは50（50×1）です。ところが、半数の穀粒に複数（2本超）のストレスクラックがある場合、取扱中に破損が発生する可能性が高くなりますが、「ストレスクラック率」は50%のままであるのに対し、SCIは250（50×5）となります。「ストレスクラック率」およびSCIのいずれも常に数値が低い方が望まれます。ストレスクラック率が高い年度ではSCIが貴重な情報をもたらします。つまり、SCIの数値が高ければ（恐らく300~500）、非常に高い割合でサンプルに複数のストレスクラックが存在することが示唆されるためです。一般に、ストレスクラックが1本の場合よりも、複数ある場合の方が品質の変化により有害な影響が及ぼされます。

ストレスクラックの原因は穀粒の硬胚乳内の水分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。軟質の粉状胚乳では硬胚乳ほど内部ストレスが蓄積されることはありません。従って、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

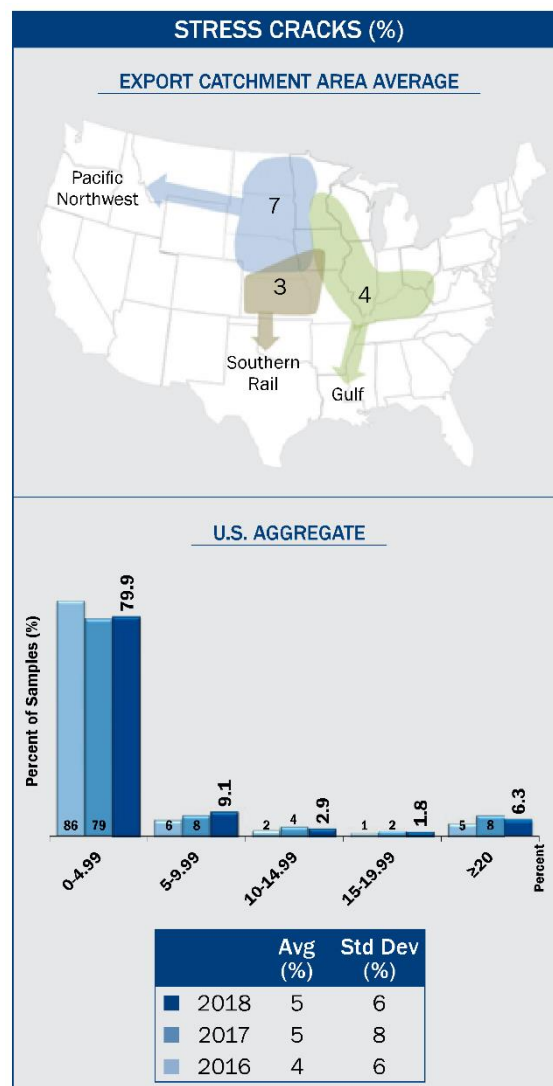
ストレスクラックが発生しやすくなります。トウモロコシ粒ごとにストレスクラックの程度が異なることがあり、ストレスクラックが1本だけの場合も、2本またはそれ以上の場合もあります。最も一般的なストレスクラックの原因は高温乾燥による急激な水分除去です。ストレスクラックの程度が激しいと、次のような様々な用途に影響を及ぼします。

- 全般：取り扱い中に破損しやすさが増す。このため、加工業者にとっては、洗浄処理中に除去しなければならない破損粒が増え、等級・価値が下がる可能性がある。
- 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（多くのドライミリング業者の主製品）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。

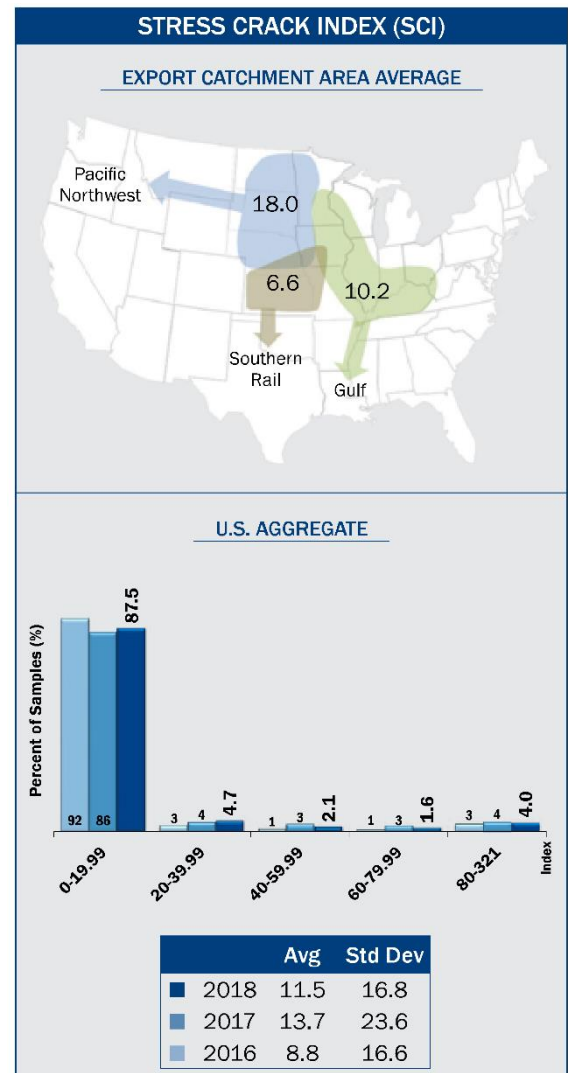
生育条件は作物の成熟度や収穫時期、人工乾燥の必要性に影響を及ぼしますが、こうした要素は各地域のストレスクラックの程度にも影響を与えます。例えば、降雨による作付の遅れや低温といった気象に関係するファクターにより成熟期や収穫期が遅れた場合には、人工的に乾燥させる必要性が高まることもあり、そのためにストレスクラックの発生も増える傾向があります。

## 結果

- 2018年の米国集計のストレスクラック率の平均値は2017年と同じ5%で、2016年(4%)を上回るが、5YA(6%)を下回っている。
- 2018年の米国集計ストレスクラック率の標準偏差(6%)は2017年(8%)、2016年(6%)および5YA(7%)と同程度である。
- 2018年のストレスクラック率のばらつき幅は0~88%で、2017年の幅(0~90%)および2016年の幅(0~84%)と同程度である。
- 2018年のストレスクラック率10%未満のサンプルの割合(89.0%)は2017年(87%)と同程度であるが、2016年(92%)を下回っている。また、2018年のストレスクラック率20%超のサンプルの割合は6.3%で、この値は2017年(8%)と2016年(5%)の中間にあたる。
- ストレスクラック率の分布は、2018年トウモロコシは破損し易さが2017年と同程度であるが、2016年をわずかに上回っていることを示している。
- 2018年のストレスクラック率の平均値はガルフECA、米国北西部ECAおよび南部鉄道網ECAの値がそれぞれ4%、7%、3%である。2018年、2017年、2016年および5YAのいずれにおいても、3ECA地域の中で南部鉄道網ECAのストレスクラック率が最も低い。



- 2018 年米国集計 SCI の平均値は 11.5 で、2017 年 (13.7) および 5YA (14.4) を下回っているが、2016 年 (8.8) を上回っている。
- 2018 年の米国集計 SCI 標準偏差 (16.8) は 2017 年 (23.6) および 5YA (22.9) をわずかに下回っている。
- 2018 年のサンプル中、SCI が 40 未満のものは 92.2% で、2017 年 (90%) および 2016 年 (95%) とほぼ同じである。2018 年のサンプルで SCI が 80 以上のものは 4.0% であるのに対し、2017 年は 4%、2016 年は 3% である。このように、2018 年の SCI 分布は 2017 年と 2016 年とほぼ同じである。
- ガルフ ECA、米国北西部 ECA および南部鉄道網 ECA の SCI 平均値はそれぞれ 10.2、18.0 および 6.6 である。2018 年、2017 年、2016 年および 5YA のいずれにおいても、SCI の値が最も低いのは南部鉄道網 ECA である。南部鉄道網 ECA の SCI の低さは、おそらく同地域を構成する州では一般的に圃場乾燥に適した環境であることと関係していると考えられる。
- 2018 年のトウモロコシはシーズンの大半を通じて、作柄は「良い」から「とても良い」の組み合わせが 77~68% で推移した。シルキングの割合は過去数年を上回り、良好な成熟と登熟状態に結びついた。収穫の開始は早かったが、その後は降雨により収穫が遅れがでた。平均水分含量 (16.0%) は 2017 年および 5YA を下回っている。コーンベルトの大半で 9 月の気温が平均か平均を大幅に上回り、これが良好な乾燥状態や、ストレスクラックと SCI が適度に低下する可能性に結び付いたとみられる。2016 年は早期作付と発芽、「良い」から「とても良い」作柄という高評価、および早期収穫が際立っている。この年はストレスクラック (4%) および SCI (8.8) が最も低く、水分含量 (16.1%) も低かった。しかしながら 2018 年はストレスクラック (5%) および SCI (11.5) が 2016 年よりわずかに劣るが、水分含量 (16.0%) は下回っている。



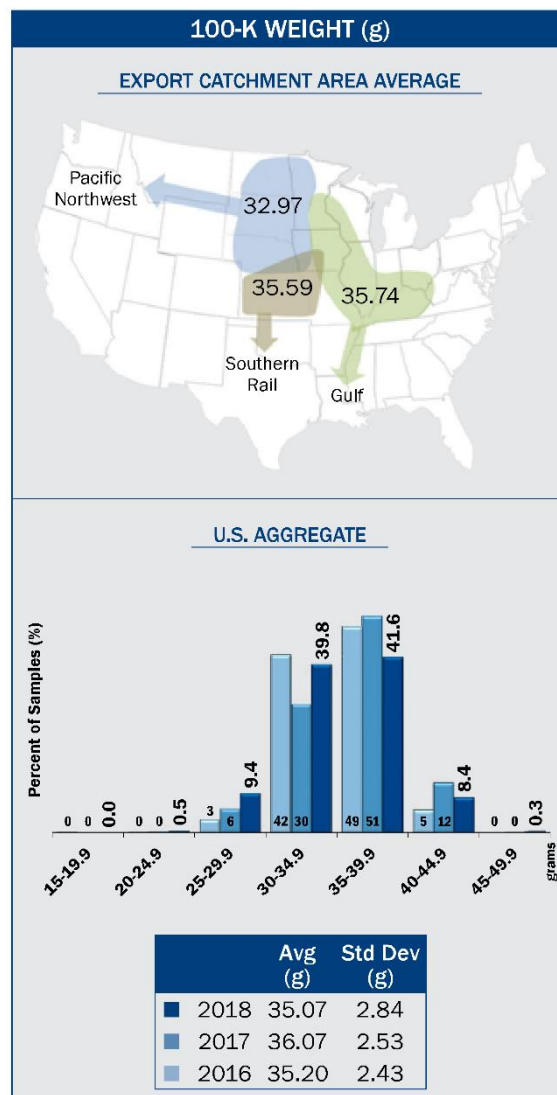
## 百粒粒

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せん。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。

### 結果

- 2018年の米国集計サンプルの百粒重平均値は35.07gで、2017年（36.07g）を下回り、2016年（35.20g）とは同程度であるが、5YA（34.61g）を上回っている。
- 2018年の米国集計の百粒重のばらつき（標準偏差2.84g）は2017年（2.53g）および2016年（2.43g）を上回っているが、5YA（2.62g）とは同程度である。
- 2018年の百粒重のばらつきの幅（23.86～45.88g）は2017年（23.06～46.44g）および2016年（18.91～44.17g）とほぼ同じである。
- 2018年の百粒重の分布をみると、百粒重35g以上のものがサンプルの50.3%を占め、これに対し2017年は63%、2016年は54%である。この分布は2018年のサイズの大きな穀粒の割合が2017年よりわずかに少なく、2016年とは同程度であることを示している。
- 米国北西部 ECA の平均百粒重が最も軽く（32.97g）、これに対しガルフ ECA は35.74g、南部鉄道網 ECA は35.59gである。2018年、2017年、2016年および5YAのいずれにおいても、米国北西部 ECA の百粒重が最も軽い。



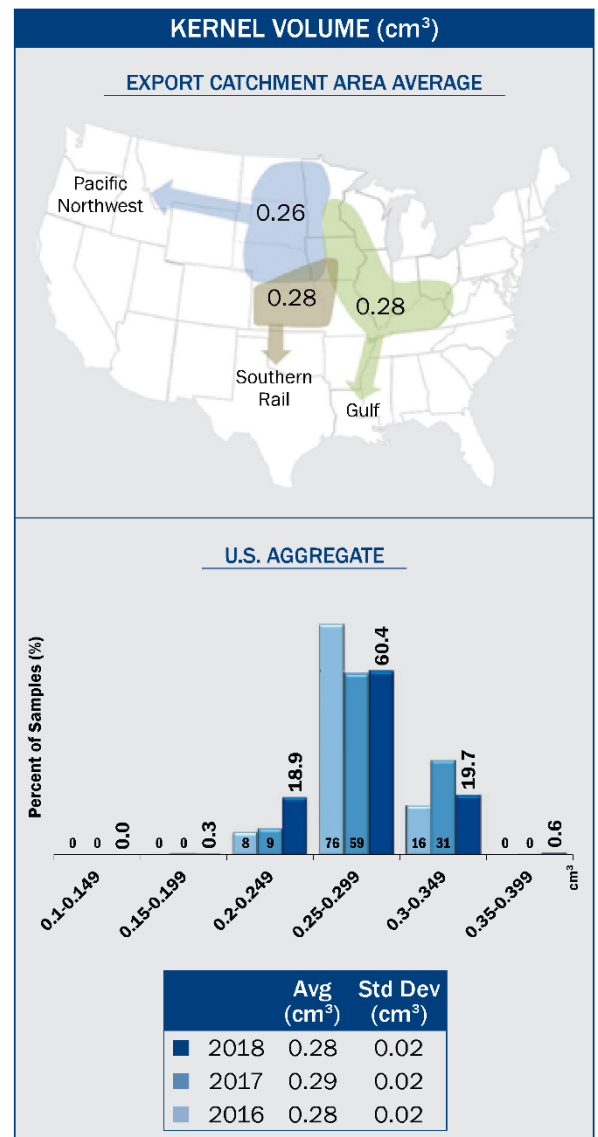
## 穀粒容積

立方センチメートル (cm<sup>3</sup>) 単位で表示される穀粒容積は、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。

### 結果

- 2018年の米国集計の穀粒容積の平均値は 0.28cm<sup>3</sup> で、2017年 (0.29cm<sup>3</sup>) を下回るが、2016年および5YA (いずれも 0.28 cm<sup>3</sup>) と同じである。
- いずれの年度でも穀粒容積のばらつきに変化はない。米国集計の穀粒容積の標準偏差は2018年、2017年、2016年および5YAのいずれも 0.02 cm<sup>3</sup> である。
- 2018年の穀粒容積の幅 (0.19~0.36cm<sup>3</sup>) は2017年 (0.18~0.36cm<sup>3</sup>) および2016年 (0.16~0.34cm<sup>3</sup>) とほぼ同じである。
- 2018年の穀粒容積の分布では、穀粒容積が 0.30 cm<sup>3</sup> 以上のものが 20.3% を占め、これに対し2017年は 31%、2016年は 16% である。この分布は2018年のサイズの大きな穀粒の割合が2017年を下回り、2016年とはほぼ同じであることを示している。
- ガルフ ECA、米国北西部 ECA および南部鉄道網 ECA の穀粒容積の平均はそれぞれ 0.28cm<sup>3</sup>、0.26cm<sup>3</sup> および 0.28cm<sup>3</sup> である。2018年、2017年、2016年および5YA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。





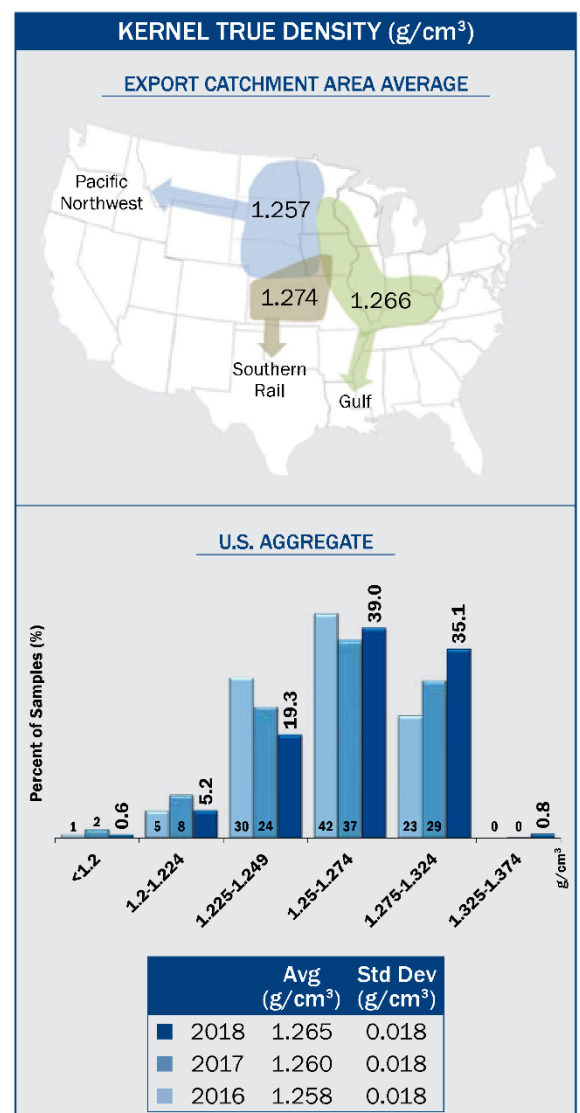
## 真の密度

穀粒の真の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/cm<sup>3</sup>) 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な数値です。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

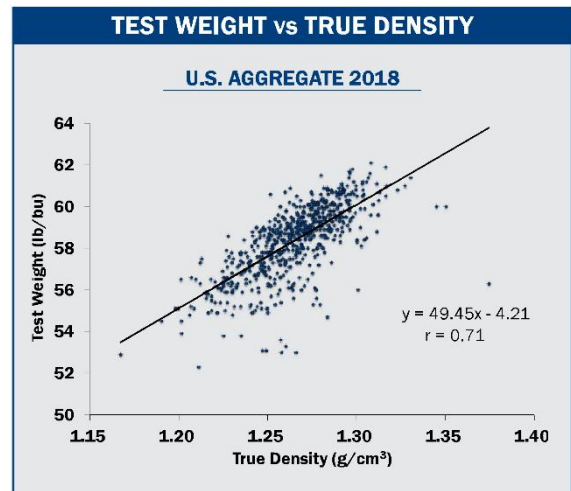
ウモロコシよりも取り扱い中に破損が発生し難いものの、高温乾燥が用いられるとストレスクラックを発生させるリスクが上昇します。真の密度が 1.30 g/cm<sup>3</sup> を超えると、通常ドライミリングやアルカリ処理に適した非常に硬質なトウモロコシであることが示唆されます。真の密度が 1.275 g/cm<sup>3</sup> 程度、あるいはそれを下回る場合には、トウモロコシは柔らかくなり、ウェットミリングや飼料原材料用の加工が容易になります。

### 結果

- 2018年の米国集計の真の密度の平均値(1.265 g/cm<sup>3</sup>)は2017年(1.260 g/cm<sup>3</sup>)、2016年および5YA (いずれも 1.258 g/cm<sup>3</sup>) を上回っている。過去8年にわたり、真の密度はタンパク質含有率が多い年ほど上昇する傾向にある。
- 2018年の標準偏差に基づく米国集計の真の密度のばらつき(0.018 g/cm<sup>3</sup>)は2017年および2016年 (いずれも 0.018g/cm<sup>3</sup>) と同じで、5YA (0.019 g/cm<sup>3</sup>) とは同程度である。
- 2018年の真の密度のばらつきの幅は 1.167~1.374 g/cm<sup>3</sup> で、これに対し2017年は 1.135~1.332 g/cm<sup>3</sup>、2016年は 1.162~1.320 g/cm<sup>3</sup> である。
- 2018年の真の密度の分布では、1.275 g/cm<sup>3</sup> 以上のものは約 35.9%で、これに対し2017年は 29%、2016年は 23%である。多くの場合、1.275g/cm<sup>3</sup> を超える値は硬いトウモロコシ、1.275g/cm<sup>3</sup> を下回るものは通常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2018年のトウモロコシが2017年および2016年のトウモロコシよりもわずかに硬いことを示唆している。
- 2018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 1.266 g/cm<sup>3</sup>、1.257 g/cm<sup>3</sup> および 1.274 g/cm<sup>3</sup> である。2018年、2017年、2016年および5YA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。



- かさ密度としても知られている容積重は1クォート入るカップに詰め込むことのできる質量を基にしている。右図に示すように、容積重は真の密度の影響を受ける（結果として相関係数は0.71）が、同時に水分含量、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。2018年の容積重は58.4 lb/buで、この値は2017年と同じで2016年（58.3 lb/bu）とほぼ同じである。



## 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。

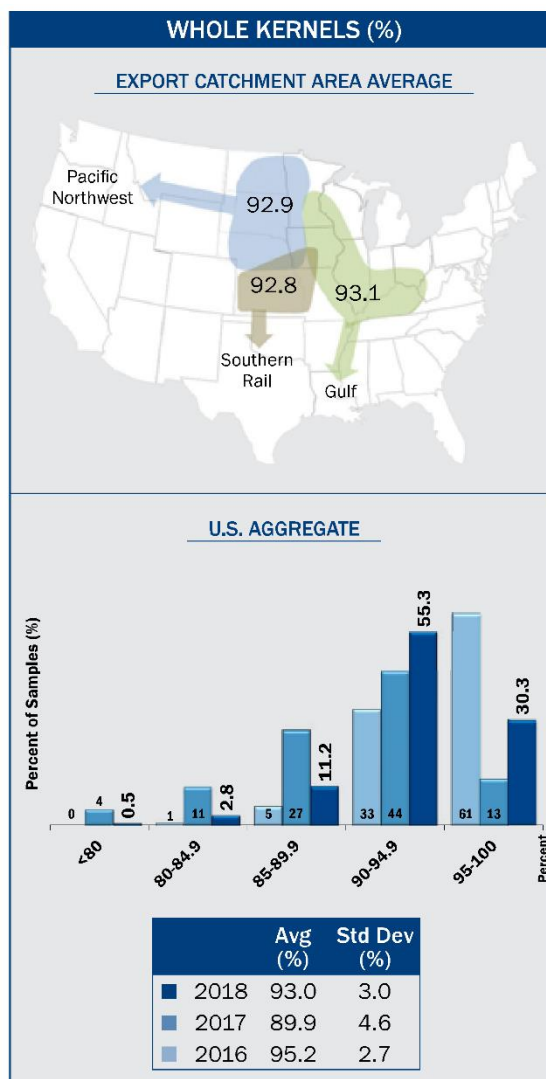
主として二つの理由からトウモロコシ粒の外観の完全性は非常に重要です。第一はアルカリ処理および浸漬工程での吸水状態に影響を及ぼすという理由です。穀粒に欠けまたは種皮に亀裂があると、水は無傷の穀粒すなわち完全粒よりも早く染み込んでいきます。加熱中に水分が過剰に内部に取り込まれると、ソリュブルの損失、不均一な加熱、高額な費用のかかる運転停止といった事態や、仕様から逸脱した製品といった結果を招きかねません。契約によって、納入されたトウモロコシが指定した完全粒レベルを上回った場合プレミアムを支払う企業さえあります。

第二に、穀粒が無傷で完全であると保管中にカビの発生が起りにくく、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要素は収穫・取扱いです。この要素にはコンバインの適切な調整に始まり、これに続いて、圃場からエンドユーザーに至るまでに必要なコンベヤや複数回にわたる取扱い作業によって穀粒が受ける衝撃の程度も含まれます。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<sup>3</sup>。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りやすくなります。

<sup>3</sup> Foster, G.H. および L.E. Holman, 1973 年。『Grain Breakage Caused by Commercial Handling Methods』 USDA Marketing Research Report Number 968]

**結果**

- 2018年の米国集計トウモロコシの完全粒平均値は93.0%で、2017年(89.9%)を上回り、2016年(95.2%)を下回るが、5YA(93.2%)とはほぼ同じである。
- 2018年の完全粒の標準偏差(3.0%)は2017年(4.6%)を下回るが、2016年(2.7%)および5YA(3.4%)とはほぼ同じである。
- 2018年の完全粒のばらつき幅(66.0~98.6%)は2017年(67.0~99.2%)および2016年(80.6~100.0%)とはほぼ同じである。
- 2018年のサンプル中、完全粒が90%以上のものが85.6%を占め、これに対し2017年は57%、2016年は94%である。この分布は2018年サンプルの完全粒の割合が2017年の割合を上回っていることを示している。2017年の完全粒の割合が低い理由の一つとして、2017年の穀粒サイズが並外れて大きかったことが考えられる。大きい穀粒は小さい穀粒と比べて構造が弱く、そのためコンバイン作業や取扱作業中にクラックや欠けが発生しやすくなる。
- 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 93.1%、92.9%および 92.8%である





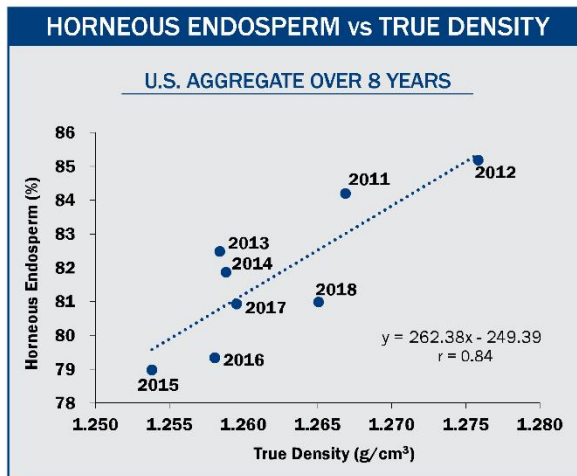
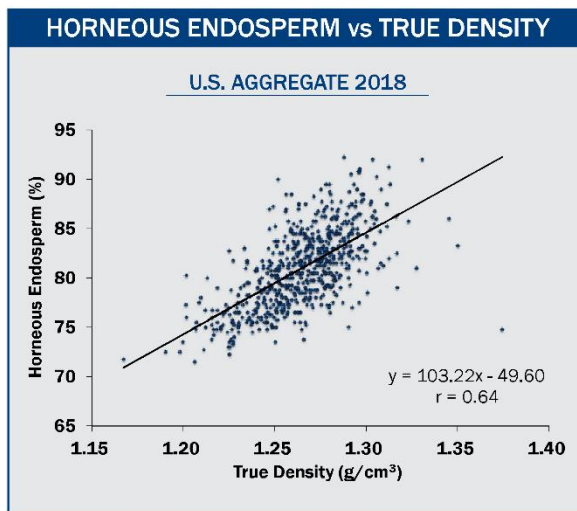
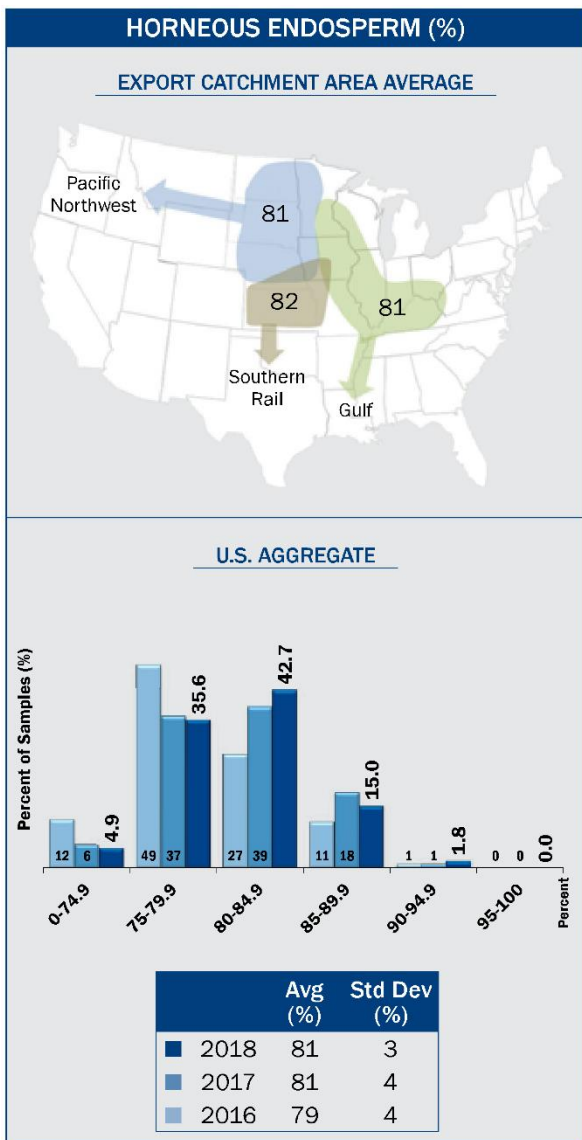
## 硬胚乳

硬胚乳試験では穀粒の全胚乳中に硬胚乳が占める割合を測定しますが、この値は通常 70~100%の間となります。軟胚乳と比較して硬胚乳の量が多いほどトウモロコシ粒は硬くなると言われています。加工の種類によって硬さの程度が重要になってきます。ドライミリングで加工される大型フレーキンググリッツの収量を増加させるためには硬いトウモロコシが必要とされます。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。

硬度は破損のしやすさや、飼料利用性、飼料効率、デンプン消化率と相関関係があります。これは全体的な硬度を知るための試験であり、硬胚乳の値には良いも悪いもなく、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すぎません。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率が 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 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。

## 結果

- 2018 年の米国集計硬胚乳率の平均 (81%) は 2017 年および 5YA (いずれも 81%) と同じであるが、2016 年 (79%) を上回っている。
- 2018 年の米国集計の硬胚乳率標準偏差は 3% で、2017 年、2016 年および 5YA (いずれも 4%) を下回っている。
- 2018 年の硬胚乳率のばらつき幅 (72~92%) は 2017 年 (71~92%) および 2016 年 (71~93%) とほぼ同じである。
- 2018 年のサンプル中、硬胚乳率が 80%未満のものは 40.5% で、2017 年 (43%) および 2016 年 (61%) を下回っている。この分布は 2018 年と 2017 年の軟胚乳の割合が同程度で、2016 年と比較すると大幅に下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 の硬胚乳率平均値は、それぞれ 81%、81% および 82% となっている。2018 年、2017 年、2016 年および 5YA のいずれにおいても、ECA 間の硬胚乳率平均のばらつきはわずか 0.1% である。
- 次ページの図が示すように、2018 年のサンプルの硬胚乳率と真の密度との間には弱いながらも正の相関関係 (相関係数 0.64) がある。
- 次の図は過去 8 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分かり (r の相関係数  $r=0.84$ )、従って、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。





まとめ: 物理的ファクター

|                           | 2018年収穫                |       |          |         |         | 2017年収穫                |        |          | 2016年収穫                |        |          | 5年平均<br>(2013-2017) |          |  |
|---------------------------|------------------------|-------|----------|---------|---------|------------------------|--------|----------|------------------------|--------|----------|---------------------|----------|--|
|                           | サンプル<br>数 <sup>1</sup> | 平均    | 標準<br>偏差 | 最小<br>値 | 最大<br>値 | サンプル<br>数 <sup>1</sup> | 平均     | 標準<br>偏差 | サンプル<br>数 <sup>1</sup> | 平均     | 標準<br>偏差 | 平均                  | 標準<br>偏差 |  |
| <b>米国集計</b>               |                        |       |          |         |         | <b>米国集計</b>            |        |          | <b>米国集計</b>            |        |          | <b>米国集計</b>         |          |  |
| ストレスクラック (%)              | 618                    | 5     | 6        | 0       | 88      | 627                    | 5      | 8        | 624                    | 4*     | 6        | 6                   | 7        |  |
| ストレスクラック指標 <sup>2</sup>   | 618                    | 11.5  | 16.8     | 0       | 304     | 627                    | 13.7   | 23.6     | 624                    | 8.8*   | 16.6     | 14.4                | 22.9     |  |
| 百粒重 (g)                   | 618                    | 35.07 | 2.84     | 23.86   | 45.88   | 627                    | 36.07* | 2.53     | 624                    | 35.20  | 2.43     | 34.61               | 2.62     |  |
| 穀粒容積 (cm <sup>3</sup> )   | 618                    | 0.28  | 0.02     | 0.19    | 0.36    | 627                    | 0.29*  | 0.02     | 624                    | 0.28*  | 0.02     | 0.28                | 0.02     |  |
| 真の密度 (g/cm <sup>3</sup> ) | 618                    | 1.265 | 0.018    | 1.167   | 1.374   | 627                    | 1.260* | 0.018    | 624                    | 1.258* | 0.018    | 1.258               | 0.019    |  |
| 完全粒 (%)                   | 618                    | 93.0  | 3.0      | 66.0    | 98.6    | 627                    | 89.9*  | 4.6      | 624                    | 95.2*  | 2.7      | 93.2                | 3.4      |  |
| 硬胚乳 (%)                   | 618                    | 81    | 3        | 72      | 92      | 627                    | 81     | 4        | 624                    | 79*    | 4        | 81                  | 4        |  |
| <b>ガルフ</b>                |                        |       |          |         |         | <b>ガルフ</b>             |        |          | <b>ガルフ</b>             |        |          | <b>ガルフ</b>          |          |  |
| ストレスクラック (%)              | 587                    | 4     | 5        | 0       | 88      | 612                    | 6*     | 8        | 612                    | 4*     | 6        | 6                   | 8        |  |
| ストレスクラック指標 <sup>2</sup>   | 587                    | 10.2  | 15.2     | 0       | 304     | 612                    | 15.2*  | 26.5     | 612                    | 8.9    | 17.6     | 15.7                | 25.9     |  |
| 百粒重 (g)                   | 587                    | 35.74 | 2.86     | 23.86   | 45.88   | 612                    | 36.94* | 2.45     | 612                    | 35.54  | 2.49     | 35.22               | 2.65     |  |
| 穀粒容積 (cm <sup>3</sup> )   | 587                    | 0.28  | 0.02     | 0.19    | 0.36    | 612                    | 0.29*  | 0.02     | 612                    | 0.28   | 0.02     | 0.28                | 0.02     |  |
| 真の密度 (g/cm <sup>3</sup> ) | 587                    | 1.266 | 0.017    | 1.167   | 1.374   | 612                    | 1.262* | 0.018    | 612                    | 1.259* | 0.018    | 1.260               | 0.019    |  |
| 完全粒 (%)                   | 587                    | 93.1  | 3.0      | 66.0    | 98.6    | 612                    | 90.0*  | 4.7      | 612                    | 95.0*  | 2.7      | 93.2                | 3.4      |  |
| 硬胚乳 (%)                   | 587                    | 81    | 3        | 72      | 92      | 612                    | 81     | 4        | 612                    | 79*    | 4        | 81                  | 4        |  |
| <b>米国北西部</b>              |                        |       |          |         |         | <b>米国北西部</b>           |        |          | <b>米国北西部</b>           |        |          | <b>米国北西部</b>        |          |  |
| ストレスクラック (%)              | 288                    | 7     | 8        | 0       | 88      | 291                    | 5*     | 7        | 301                    | 5*     | 7        | 6                   | 7        |  |
| ストレスクラック指標 <sup>2</sup>   | 288                    | 18.0  | 24.5     | 0       | 289     | 291                    | 12.9*  | 20.2     | 301                    | 10.3*  | 17.5     | 14.0                | 19.6     |  |
| 百粒重 (g)                   | 288                    | 32.97 | 2.67     | 23.86   | 45.42   | 291                    | 33.39  | 2.68     | 301                    | 33.96* | 2.21     | 32.34               | 2.49     |  |
| 穀粒容積 (cm <sup>3</sup> )   | 288                    | 0.26  | 0.02     | 0.19    | 0.35    | 291                    | 0.27*  | 0.02     | 301                    | 0.27*  | 0.02     | 0.26                | 0.02     |  |
| 真の密度 (g/cm <sup>3</sup> ) | 288                    | 1.257 | 0.018    | 1.167   | 1.374   | 291                    | 1.249* | 0.018    | 301                    | 1.253* | 0.016    | 1.248               | 0.019    |  |
| 完全粒 (%)                   | 288                    | 92.9  | 3.1      | 73.6    | 98.6    | 291                    | 89.4*  | 4.8      | 301                    | 95.7*  | 2.7      | 93.0                | 3.6      |  |
| 硬胚乳 (%)                   | 288                    | 81    | 3        | 72      | 91      | 291                    | 81     | 4        | 301                    | 79*    | 3        | 80                  | 3        |  |
| <b>南部鉄道網</b>              |                        |       |          |         |         | <b>南部鉄道網</b>           |        |          | <b>南部鉄道網</b>           |        |          | <b>南部鉄道網</b>        |          |  |
| ストレスクラック (%)              | 355                    | 3     | 4        | 0       | 84      | 393                    | 4*     | 6        | 395                    | 3      | 4        | 4                   | 5        |  |
| ストレスクラック指標 <sup>2</sup>   | 355                    | 6.6   | 11.9     | 0       | 304     | 393                    | 9.0*   | 16.8     | 395                    | 5.8    | 11.0     | 8.5                 | 13.5     |  |
| 百粒重 (g)                   | 355                    | 35.59 | 2.98     | 23.86   | 45.88   | 393                    | 36.26* | 2.65     | 395                    | 35.67  | 2.50     | 35.14               | 2.67     |  |
| 穀粒容積 (cm <sup>3</sup> )   | 355                    | 0.28  | 0.02     | 0.19    | 0.36    | 393                    | 0.29*  | 0.02     | 395                    | 0.28*  | 0.02     | 0.28                | 0.02     |  |
| 真の密度 (g/cm <sup>3</sup> ) | 355                    | 1.274 | 0.019    | 1.198   | 1.374   | 393                    | 1.265* | 0.018    | 395                    | 1.261* | 0.018    | 1.262               | 0.018    |  |
| 完全粒 (%)                   | 355                    | 92.8  | 2.7      | 82.6    | 98.6    | 393                    | 90.0*  | 4.3      | 395                    | 95.1*  | 2.6      | 93.3                | 3.3      |  |
| 硬胚乳 (%)                   | 355                    | 82    | 3        | 72      | 92      | 393                    | 81     | 3        | 395                    | 80*    | 4        | 81                  | 4        |  |

\*は有意水準95%で実施した両側 t 検定に基づき、平均値が2018年との間で有意な差を示していることを意味する。

<sup>2</sup> 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。

<sup>3</sup> 収穫母集団平均値を予測するための相対的 ME は±10%を上回る。

## 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、動物にも人間にも健康被害が発生する可能性があります。トウモロコシ粒には数種のマイコトキシンが発見されていますが、中でもアフラトキシンとデオキシニバレノール（DON）またはボミトキシンが最も注視すべきマイコトキシン2種であると考えられています。

これまでの*収穫時品質報告書*と同じく、本年の報告のために、2018年収穫サンプルのサブセットに対しアフラトキシン試験とデオキシニバレノール試験を実施しました。マイコトキシンの産生はトウモロコシの生育状況に大きく左右されるため、この*収穫時品質報告書*の目的を考慮し、収穫時のトウモロコシからアフラトキシンとデオキシニバレノールが検出された事例に限って報告することとします。個々のマイコトキシンのレベルについては報告しません。

*収穫時品質報告書*のマイコトキシンに関するレビューは、輸出用の米国産トウモロコシにマイコトキシンが存在するか否かまたはそのレベルを予測

することを意図して行うものではありません。米国の穀物流通経路には複数の段階があり、また業界を指導するための法律や規制が存在するため、輸出用トウモロコシのマイコトキシンのレベルは圃場から輸送された時点で最初に検出される可能性のあるマイコトキシンのレベルを下回っています。また、本報告書の趣旨は、調査対象全12州および3つの輸出拠点地域（ECA）のマイコトキシン事例の全ての評価を示すことではありません。本*収穫時品質報告書*に記載されている結果は、圃場から出荷されたばかりのトウモロコシにマイコトキシンが存在する可能性について、ひとつの目安としてのみ使用されるべきものです。当協会による何年分もの*収穫時品質報告*の蓄積で、トウモロコシ収穫時の年度別マイコトキシン発生パターンが明確になっていくと考えられます。アメリカ穀物協会の2018/19年トウモロコシ輸出貨物報告書は、輸出時におけるトウモロコシの品質を報告するもので、2018/19年の米国輸出トウモロコシに存在するマイコトキシンについてさらに正確な目安を提供します。



## アフラトキシンおよびデオキシニバレノールの有無の評価

最低目標サンプル数（600）のうち、少なくともその25%に対し、2018年の生育状況が米国産トウモロコシに発生する総アフラトキシンおよびデオキシニバレノールに及ぼす影響を評価するために試験を実施しました。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していますが、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181となりました。

サンプルに含まれるマイコトキシンが検出可能レベルか否か見極めるため、米国農務省（USDA）の連邦穀物検査部（FGIS）が定めた「低準拠レベ

### 結果：アフラトキシン

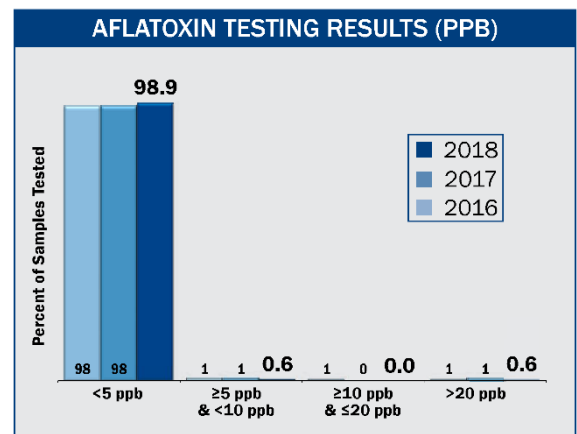
2018年はアフラトキシン試験用として合計181のサンプルを分析しましたが、これに対し2017年および2016年のサンプル数はそれぞれ180と177でした。2018年の調査結果は以下のとおりです。

- 179サンプル、すなわち181のサンプルの98.9%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 LCL 5.0 ppb 未満）。これは検出可能レベルのアフラトキシンが認められなかった2017年と2016年のサンプルの割合（いずれも98%）とほぼ同じである。
- 1サンプル、すなわち181サンプルの0.6%は、アフラトキシンのレベルが5 ppb以上かつ10 ppb未満である。この割合は2017年および2016年（いずれも1%）とほぼ同じである。
- 181サンプル中、アフラトキシンのレベルが10 ppb以上かつ米国食品医薬品局（FDA）の規制レベルである20 ppb以下のサンプルは、0、すなわち0.0%である。この割合は2017年（0%）および2016年（1%）とほぼ同じまたは同じである。
- 1サンプル、すなわち181サンプルの0.6%は、アフラトキシンのレベルがFDAの規制レベルである20 ppb以上である。この割合は2017年および2016年（いずれも1%）とほぼ同じである。

ル」（LCL）と呼ばれる基準値を用いました。本2018/2019年報告書に用いられたFGIS承認の分析キット用のLCLはアフラトキシンで5.0 ppb（10億分の1）、デオキシニバレノールで0.5 ppm（100万分の1）です。FGISのLCLはキット製造会社が規定するアフラトキシンの2.7 ppbとデオキシニバレノールの0.1 ppmという検出限度を上回ります。本試験に用いられたマイコトキシン試験方法の詳細については、「試験分析方法」のセクションに記載しています。

- こうした2018年の試験結果は、180サンプル、すなわち181サンプルの99.5%がFDAの規制レベルである20 ppb以下であることを示しており、これに対し2017年および2016年はいずれも99%である。

2018年の作物シーズンのFGIS LCLの5.0 ppbを下回るサンプルの割合（98.9%）は2017年および2016年（いずれも98%）とほぼ同じですが、2018年の気象条件が良好であったことが理由のひとつであると考えられます（2018年の生育状況の詳しい情報については、「作物状況および気象状況」のセクションを参照のこと）。2018年は生産地域の大半で、受粉期および登熟期が多雨であったため、結果として植物体はストレスに曝されることがありませんでした。



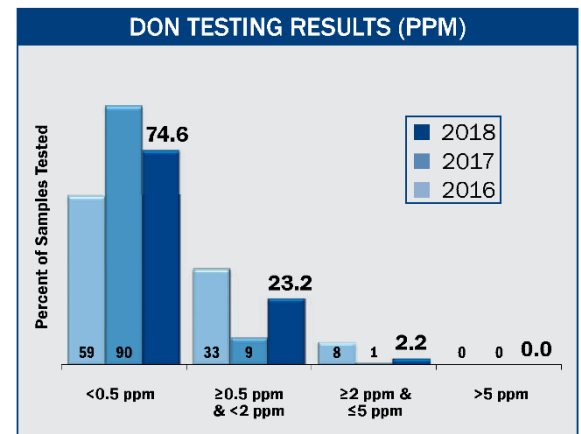


### 結果：デオキシニバレノールまたはボミトキシン

2018年のデオキシニバレノールについては、合計181サンプルをまとめて分析しました。これに対し2017年および2016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177でした。2018年の調査結果は以下のとおりです。

- 135サンプル、すなわち181サンプルの74.6%がデオキシニバレノール検出可能レベル未満であった（FGIS LCL 0.5 ppm未満）。この2018年の割合は2017年（90%）を下回り、試験対象サンプルの59%がデオキシニバレノール検出可能レベル未満であった2016年を上回っている。
- 42サンプル、すなわち試験対象181サンプルの23.2%が0.5 ppmを上回り、2 ppmを下回っている。この2018年の割合は2017年（9%）を大幅に上回り、試験サンプルの33%が0.5 ppm以上で2 ppm未満であった2016年を下回っている。
- 4サンプル、すなわち181サンプルの2.2%が2 ppm以上でFDAの勧告レベルである5 ppm以下である。この2018年の割合は2017年（1%）をわずかに上回り、2016年（8%）を下回っている。
- 全181サンプル、すなわち試験対象サンプルの100%がFDAの勧告レベルである5 ppm以下で、これは2017年および2016年に観察されたレベルと同じである。

2018年、2017年および2016年の調査で試験したサンプルはすべて5 ppm未満で、2017年（90%）と比較すると、2018年（74.6%）では0.5 ppm未満のサンプルの割合は大幅に減少していますが、2016年（59%）ほどには低下していません。2018年の0.5 ppm未満のサンプルの割合が2017年を下回ったのは、2018年がデオキシニバレノールの発生を招きやすい例年の気象条件よりも多雨だったことに起因すると考えられます。





## 背景：マイコトキシン全般

菌類が産生するマイコトキシンのレベルは、菌の種類およびトウモロコシの栽培や保管の環境条件の影響を受けます。こうした差があるため、米国のトウモロコシ生産地域ごとおよび年度ごとにマイコトキシン産生にばらつきが発生します。いずれの生産地域の生育条件下でも、どのような種類のマイコトキシンのレベルも上昇しない年もあれば、環境条件によって特定の地域で特定のマイコトキシンが産生しやすくなり人間や家畜のトウモロコシの消費に影響を及ぼすレベルにまで上昇する年もあります。人間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、デオキシニバレンールには勧告レベルを設定しています。

**規制レベル**では厳密な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。規制レベルとは FDA の産業界に対するシグナルで、毒素や汚染物質がその規制レベルを超えた場合、FDA の見解により規制措置や法的措置の裏付けとなる科学的なデータがあり、またその選択するところによりそのような措置をとるということを示します。輸入品または国産の飼料サブ

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、州境を越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 が人間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。

更に詳しい情報については、全米穀物飼料協会（NGFA）の「FDA マイコトキシン規制ガイダンス」というタイトルの手引書を参照して下さい。以下のウェブサイトで閲覧することができます。  
<http://www.ngfa.org/wp-content/uploads/NGFAComplianceGuide-FDARegulatoryGuidanceforMycotoxins8-2011.pdf>

## 背景：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もの種類があり、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他地域よりも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粒の内部へと侵入していきます。干ばつ条件下では絹糸から個々の穀粒へと進行していくこともあります。

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 は動物にとって自然発生する強力な発癌性物質であり、人間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、乳牛はアフラトキシン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、乳汁に蓄積することがあります。

アフラトキシンは人間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、人間、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設定していません（下表参照）。

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、アフラトキシンの含有量を食品または飼料に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。

米国から輸出されるトウモロコシについては、連邦法に従ったアフラトキシン試験を実施しなければなりません。契約によりこの要件が免除されている場合を除き、試験は FGIS で行う必要があります。FDA の規制レベルである 20 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。

| アフラトキシン規制レベル        | 基準   |
|---------------------|--|
| 0.5 ppb (アフラトキシンM1) | 食用・飲料用の牛乳  |
| 20 ppb              | 幼弱動物（家禽類の幼鳥を含む）および乳畜向け、または給餌する動物が不明の場合のトウモロコシ等穀物 |
| 20 ppb              | トウモロコシまたは綿実粕以外の動物用飼料                             |
| 100 ppb             | 肉牛および豚、成長後の家禽類向けトウモロコシ等の穀物                       |
| 200 ppb             | 100ポンド以上の仕上げ豚用トウモロコシ等の穀物                         |
| 300 ppb             | 仕上げ肉牛（飼育場等）向けトウモロコシ等の穀物、または肉牛、豚、家禽類向け綿実粕         |

出典: FDA and USDA GIPSA, <http://www.gipsa.usda.gov/fgis/publication/broch/b-aflatox.pdf>



## 背景：デオキシニバレノールまたはボミトキシシン

デオキシニバレノールまたはボミトキシシン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、こうした特定菌種の中で最も重要なものが、赤カビ病（または red ear rot）の原因にもなる *Fusarium graminearum* (*Gibberellazeae*) 菌です。*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易くなります。菌は絹糸から下に広がって穂に入り、デオキシニバレノールを産生するだけでなく、穀粒にはっきりとわかる赤い変色を起こします。トウモロコシを圃場でそのままにしておくと菌は広がり続け、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シン汚染は、多くの場合、極端に収穫が遅れたり、水分含量の高いトウモロコシを保存したりすると発生します。多くの場合、デオキシニバレノールが問題になるのは単胃動物で、口や喉の炎症を引き起こすことがあるためです。結果としてこうした動物はやがてデオキシニバレノールに汚染されたトウモロコシを食べなくなり、増体率は低下し、

下痢や不活動、腸の大量出血が引き起こされることもあります。免疫系を抑制する可能性もあり、そうなる则様々な感染症にかかり易くなります。

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。

- ・ 豚用の穀物および穀物併産物については 5 ppm、飼料の 20% を超えてはならない。
- ・ 鶏および畜牛の穀物および穀物併産物については 10 ppm、飼料の 50% を超えてはならない。
- ・ その他すべての動物用の穀物および穀物併産物については 5 ppm、飼料の 40% を超えてはならない。

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。



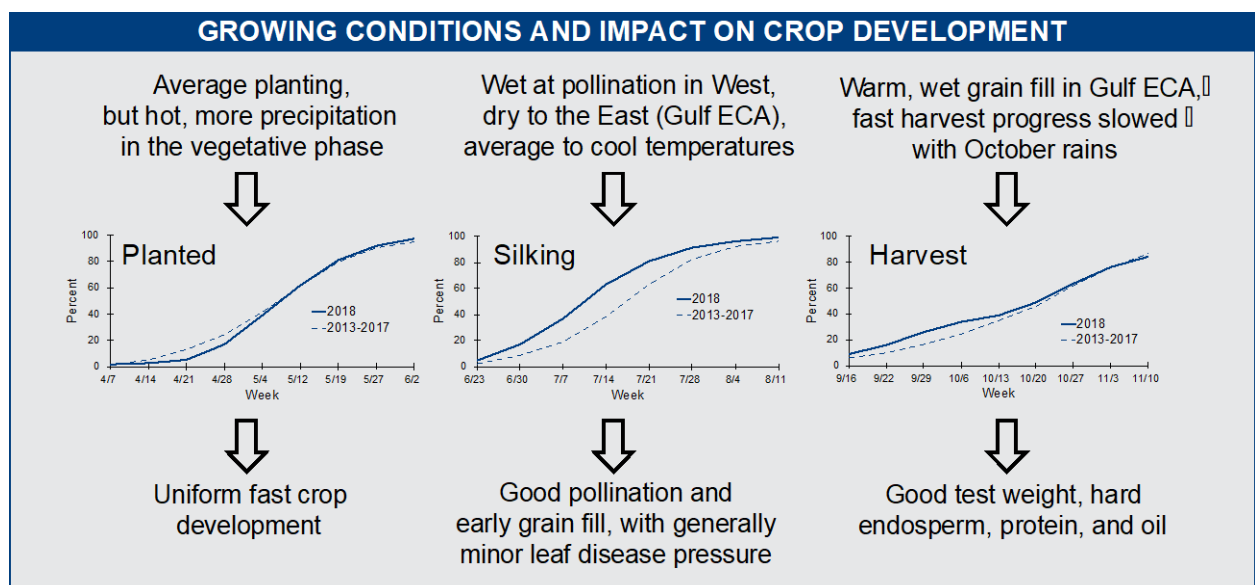
## A. 2018 年収穫ハイライト

天候はトウモロコシの作付過程、生育状況、および圃場での穀粒の生育に大きく関係し、ひいては最終的な収量や品質に多大な影響を及ぼします。全体的に2018年は高温多雨の栄養成長期（発芽から受粉までの期間）の後、温暖な受粉期と変動の多い気候の登熟期、および中断しがちな収穫期という特徴がありました。今年のトウモロコシは作付が遅れたものの成長は速く、比較的高い作柄評価<sup>1</sup>で始まりましたが、最終的には5年平均（5YA）とほぼ同じ状況となりました。米国農務省（USDA）が2018年は記録的な収量になることを予測したのに加え、平均容積重、油分、百粒重および真の密度が5YAを上回り、ストレスクラックや破損粒が5YAの値を下回りました。下記に2018年生育期の主要な内容をハイライトとしてまとめました。

- 作付は遅れたが集中的に行われ、温暖な天候により植物体の成長がすぐ始まり均一になった。
- 5月と6月の栄養成長期は暑く、5月の大半は少雨で6月に入ると多雨に変わり、穂孕期の施肥が可能となり、この段階は急速な成長で終了した。

- 受粉（シルキング期）は平均より2週間早くなり、夏の暑さの中での登熟期となり、デンプンの蓄積が比較的少なくなった。
- 穀粒の成長初期はガルフ ECA では乾燥した条件となり、一方米国北西部 ECA と南部鉄道 ECA では7月に十分な降雨量となった。
- 米国北西部 ECA およびガルフ ECA では8月の登熟期に多雨となったことで、油分蓄積が促され良好な容積重となった。
- 成長が促進されたことに8月の気温が高かったことが加わって、成熟や圃場での乾燥が進み、初期の収穫は早まったものの、その後の収穫は多雨により遅れた。

次のセクションでは米国コーンベルト地帯において2018年の生育期の気候がトウモロコシの収量と品質にどのような影響を及ぼしたかを説明します。



<sup>1</sup> 米国農務省（USDA）は生産サイクルの期間中毎週米国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、多くの要素から植物体が受けるストレスに基づいて行われる。



## B. 作付と初期生育状況

### 4月の低温により作付は遅れたが、短期集中的に実施される

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の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されたトウモロコシの品種や土壌の肥沃度と相互に作用します。穀物の単収は1エーカーあたりの植物体数、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、作付時期や生育初期の乾燥した天候は有利に働きます。

2018年を総括すると、4月は米国コーンベルト地帯全域が非常に寒くなり、作付が遅れました。それでも5月は乾燥し気温も高かったので、作付と発芽が速く進みました。栄養成長期に暑さが続き、受粉は5YAより2週間早まりました。6月の豊富な降雨量が暑さを和らげたものの、窒素肥料の流出にも結びついた可能性があり、特に米国北西部 ECA で最終的な穀粒タンパク質含有率が減少することになりました。

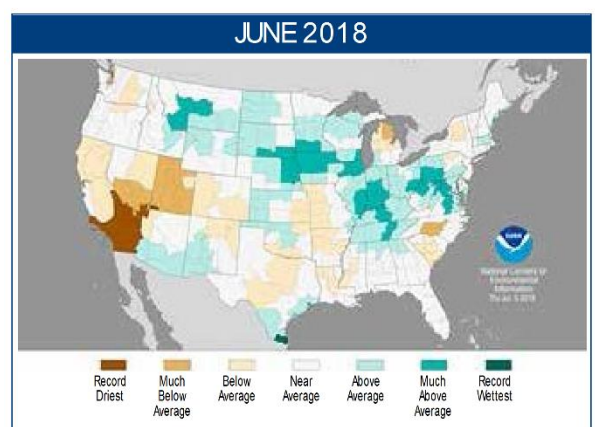
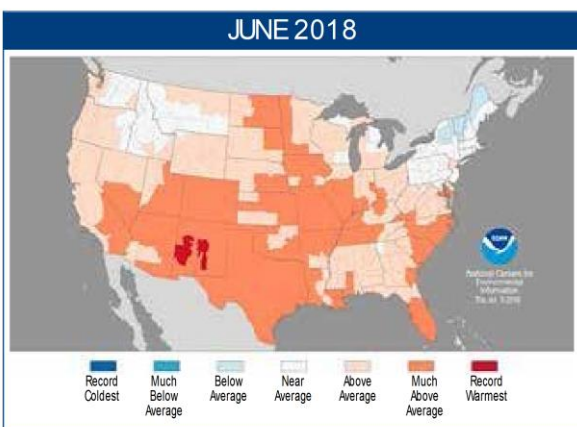
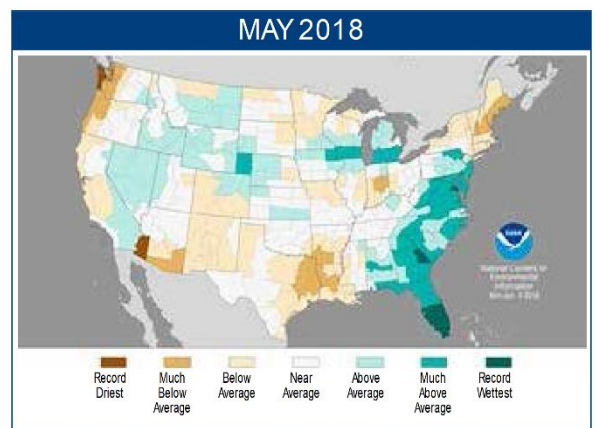
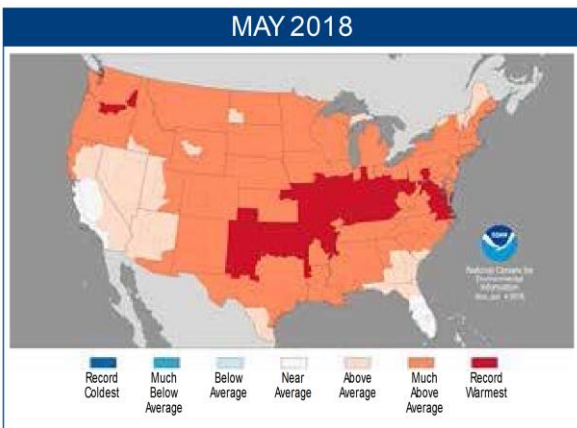
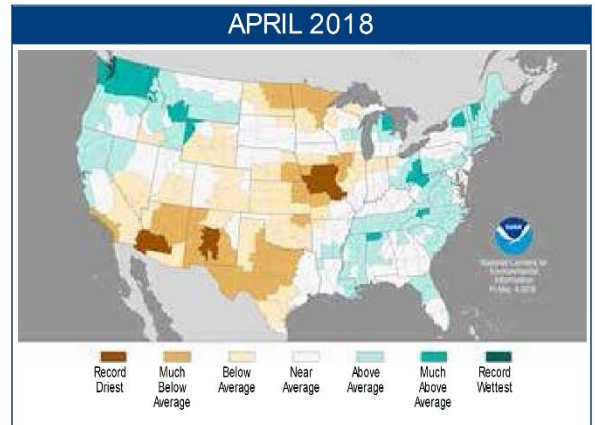
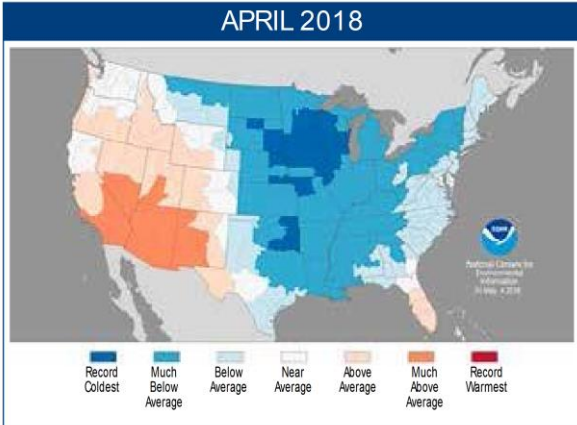
米国北西部 ECA の北部地域は5月に干ばつストレスに曝され、その一方で、この地域のネブラスカ州等の南部は例年よりかなり多くの雨があり、植物体のストレスを招きました。6月は引き続き暖かく多雨で、植物体の早い成長が促されたものの、葉の病害が促進されることにもなりました。

ガルフ ECA は大半で5月は乾燥しましたが、例外的に北部中央地域にまたがる帯状の地域は作付後に水害に見舞われ、最適な成長に必要な肥料の一部が流出しました。6月は多雨で暖かい天候が続き、植物体の早い成長が促されたものの、葉の病害が促進されることにもなりました。

南部鉄道網 ECA は栄養成長期に暖かく、比較的降雨量が多かったことから、植物体の早い成長が促されたものの、葉の病害が促進されることにもなりました。

**DIVISIONAL AVERAGE TEMPERATURE RANKS**  
(Period: 1895-2018)

**DIVISIONAL PRECIPITATION RANKS**  
(Period: 1895-2018)



出典: NOAA/Regional Climate Centers

出典: NOAA/Regional Climate Centers



## C. 受粉および登熟の状況

### 容積重と油分の増加に有利な登熟状況

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、一般に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、デンプンや油分の蓄積が促され単収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、穀粒のタンパク質と硬胚乳が増加します。

2018年は栄養成長期に高温であったことから受粉が2週間早まりました。地域によっては葉の病害が広がりましたが、高温ストレスは登熟期の降雨によって相殺され、「良い」から「とても良い」の組み合わせの作柄評価の割合が、成長初期段階の72~78%からシーズン終了時の68%程度へと推移しました。登熟期、トウモロコシは早めに成熟し、穀粒重量や容積重が比較的高い値となりました。

米国北西部 ECA では、7月と8月に平均から平均より低い気温となり、7月は降雨量も非常に多い月となりました。登熟期の後半は十分な雨とともに気温も平均を下回りました。こうした条件が前年をわずかに上回るデンプン含有率およびわずかに下回るタンパク質含有率という結果をもたらしたと考えられます。

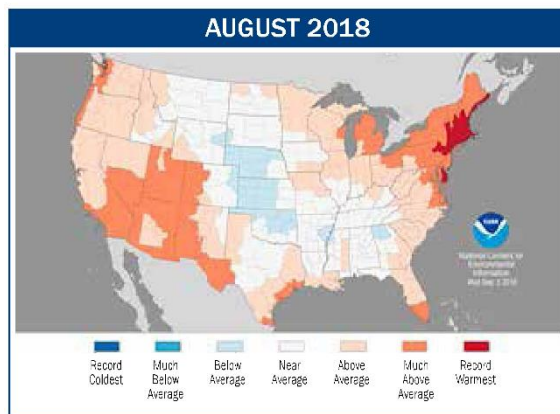
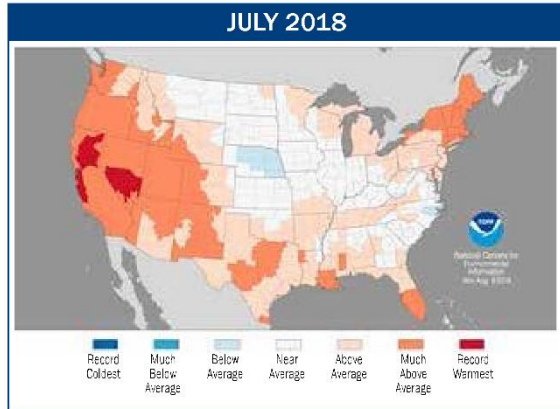
一方、ガルフ ECA では7月の受粉期および8月の登熟期に乾燥し、9月は十分な雨があり、比較的高温の気象条件が緩和されました。雨を伴う高温は軽微な葉の病害圧力やデンプン蓄積の抑制に結びついたものの、油分含有率や容積重の増加を促しました。

総体的に南部鉄道網 ECA の気候は米国北西部 ECA と似ていましたが、8月と9月は気温が下回り、降雨量が上回りました。南部鉄道網 ECA の生育状況は良好で、容積重が5YAを上回りました。



DIVISIONAL AVERAGE TEMPERATURE RANKS

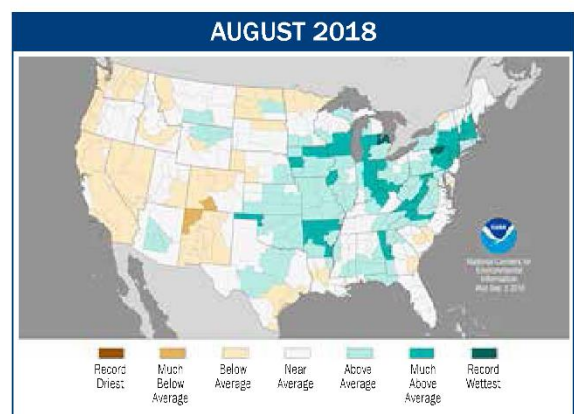
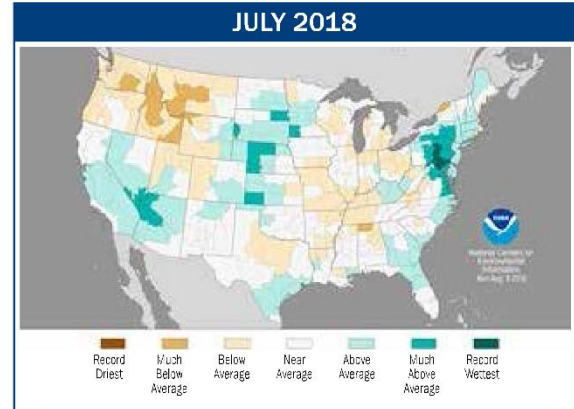
(Period: 1895-2018)



出典: NOAA/Regional Climate Centers

DIVISIONAL PRECIPITATION RANKS

(Period: 1895-2018)



出典: NOAA/Regional Climate Centers



## D. 収穫の状況

### ガルフ ECA の収穫開始は早かったものの、天候が進捗を遅らせる

生育期の終盤を迎えると、穀粒の圃場での乾燥は日光や気温、湿度、土壌中の水分に左右されます。晴天で温かく乾燥した日が続くと、トウモロコシを最も効果的に乾燥させることができ、品質への悪影響も最小になります。生育期終盤の天候上の懸念の一つは、氷点下の気温です。穀粒が十分に乾燥する前の早霜は単収や容積重の低下またはストレスクラックの発生に結びつきます。水分含量が多い状態で収穫すると、人工的な乾燥が必要となる可能性があるため、最終的に破損粒が増加することがあります。

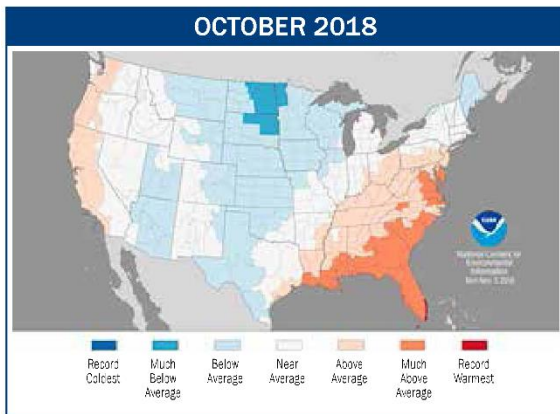
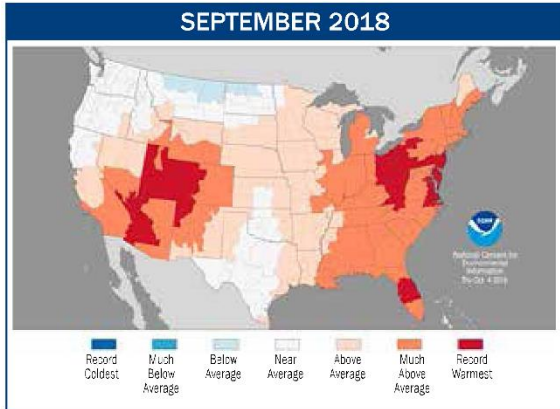
一般に、米国産トウモロコシは 10 月に入るまでに収穫されるのは 20% です。ところが、2018 年は 9 月が暖かく、トウモロコシは平均よりも約 2 週間早く成熟したため、9 月中に収穫された割合が平均を上回りました。これは特にガルフ ECA で顕著でした。しかしながら、9 月下旬と 10 月はコーンベルト全域で雨が降り続き、特に米国北西部 ECA では収穫の進捗が遅れることになりました。

フザリウム系のイヤーマールド（Gibberella ear rot）は受粉直後に低温または多雨になると繁殖が促されます。2018 年の 6 月末にはガルフ ECA で降雨が徐々に減り、重要な時期である 7 月の温度はほぼ平均並みでした。フザリウムから産生されるマイコトキシンのデオキシニバレノールまたはボミトキシンはよく収穫の遅れや水分含量の多いトウモロコシの保存と関連付けられます。2018 年のトウモロコシは成熟スピードが速かったため、水分含量の多いトウモロコシのケースは稀でした。

加えて、アフラトキシンの産生は高温、降水量不足、干ばつにより促進されます。栄養成長期にトウモロコシ生産地域の大半を占める中部は暖かく、その一方で植物体には水の供給が豊富にありました。その結果、本年度のサンプルではアフラトキシンの発生率は低くなりました。

DIVISIONAL AVERAGE TEMPERATURE RANKS

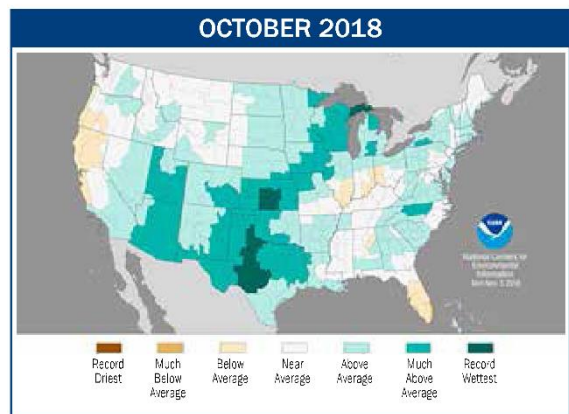
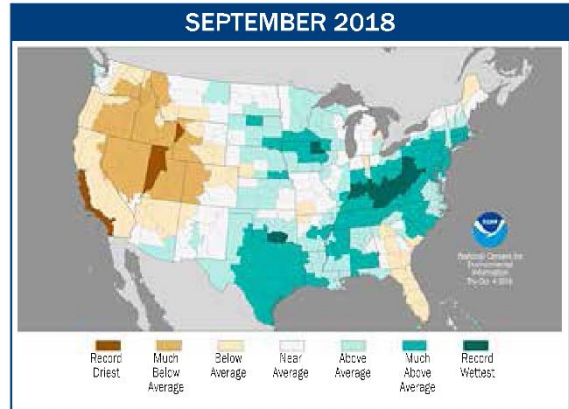
(Period: 1895-2018)



出典: NOAA/Regional Climate Centers

DIVISIONAL PRECIPITATION RANKS

(Period: 1895-2018)

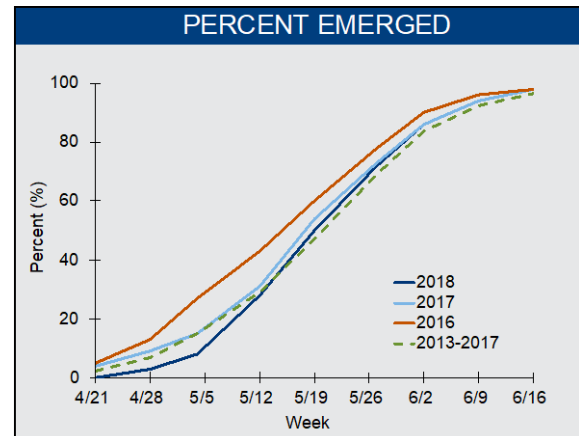


出典: NOAA/Regional Climate Centers

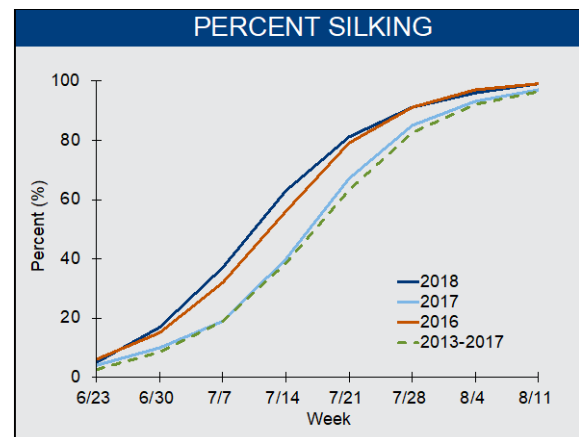
## E. 2017 年、2016 年および 5 年平均と比較した場合の 2018 年

### 2018 年は成長が早く、良好な品質と記録的な収量となる

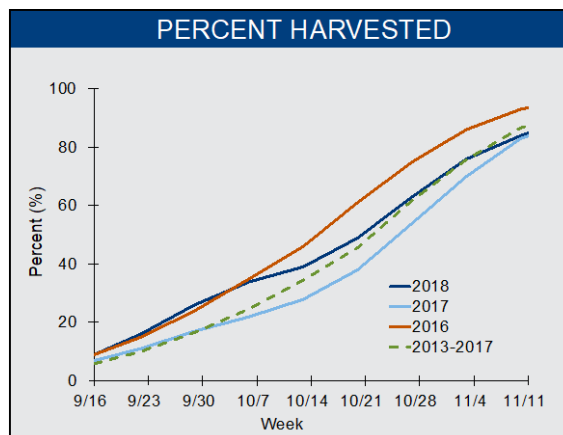
2016 年のトウモロコシの作付および発芽は平均より早く、2017 年は大半の地域で再作付が必要でした。2018 年は低温の気候により作付のペースは 5YA に及びませんでした。ただしこの 3 年はいずれの年も温暖になったため、5YA の発芽ペースとほぼ同じか早くなりました。栄養成長はこの 3 年のいずれの年も 5YA より早くなりましたが、特にこれは 2018 年と 2016 年で顕著でした。米国北西部 ECA と南部鉄道網 ECA では 2017 年 7 月、およびガルフ ECA では 2018 年に、ほとんどの地域で降雨量が次第に減少したため受粉が最大になりました。一方ガルフ ECA の 2017 年 7 月は 2016 年とほぼ同じで、登熟期初期に十分な降雨がありました。



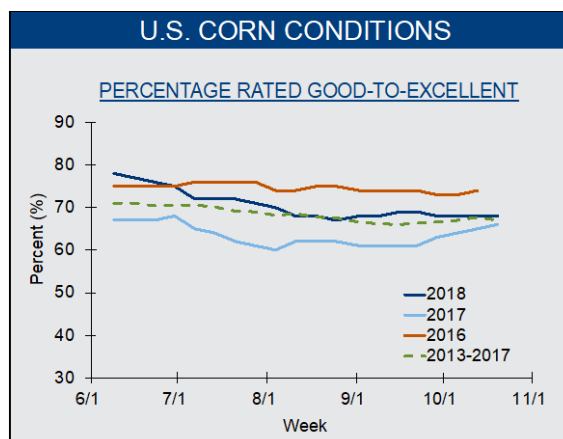
2018 年の登熟期は、暖かな天候が続いたガルフ ECA では 5YA より早まりましたが、米国北西部 ECA および南部鉄道網 ECA では気温が低くなりました。非常に高温の 2016 年の 8 月とは対照的に、2017 年の 8 月はコーンベルト全体が低温となり、デンプン蓄積の最大化が妨げられました。2017 年の適度な温度と成熟の遅れにより、9 月いっぱいまで登熟が引き延ばされ、10%程度 5YA から遅れました。



恐らくはシーズン初期の暖かい天候のお陰で、トウモロコシの成熟が5YAより約2週間早まったことで、2018年の収穫の開始は早くなりました。これとは対照的に、植物体の成長が遅れ、圃場が湿っていたこともあって、2017年の収穫は5YAから大幅に遅れました。2016年の収穫は5YAよりも早く、2018年よりも安定したペースで進みました。



2018年のトウモロコシは初期の成長が優れており、作柄評価は「良い」から「とても良い」の組み合わせとなり<sup>2</sup>、当初は5YAを大幅に上回っていたものの、高温と葉の病害によりシーズンの終わりまでに約70%という5YAに近い作柄評価にとどまることとなりましたが、植物体は健康で、それが良好な光合成、穀粒のサイズおよび収量につながりました。2017年、作柄評価は60~68%の間を推移し、それでも記録的な収量となりました。2016年はシーズン的大半を通じてほぼ75%の作柄は「良い」から「とても良い」の評価を受けました。

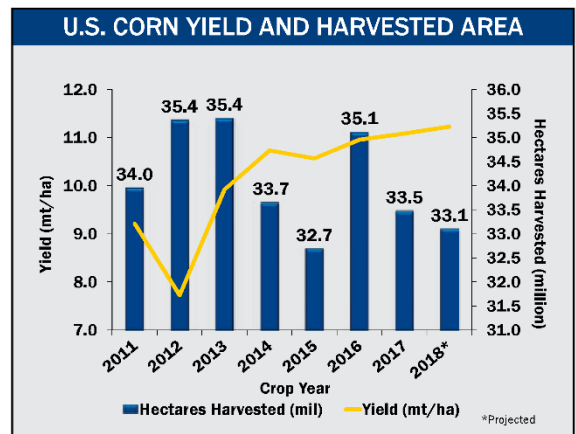


<sup>2</sup> 「良い」の格付けは通常の単収が見込まれることを意味する。水分レベルは適切で、病害、虫害および雑草圧力の程度は低い。「とても良い」の格付けは単収見込みが通常以上で、作物にストレスがほとんどまたは全くないことを意味する。病害、虫害および雑草圧力はほんのわずかである。

## A. 米国産トウモロコシの生産量<sup>1</sup>

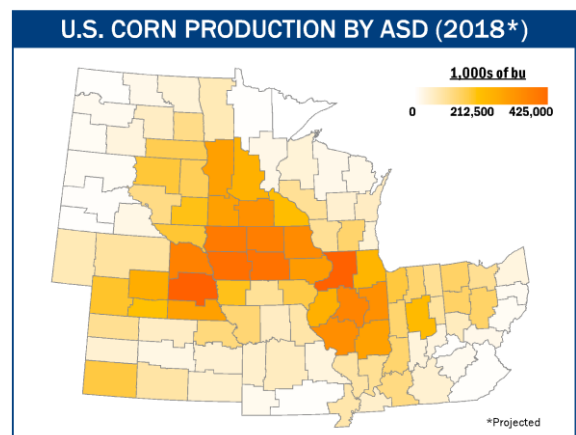
### 米国平均生産量および単収

- 2018年12月に発表された米国農務省(USDA)世界農業需給予測(World Agricultural Supply and Demand Estimates: WASDE)によると、2018年の米国産トウモロコシの平均単収は11.23 mt/ha (178.9 bu/ac)と予測されている。これは、2017年度のトウモロコシの平均単収を0.14 mt/ha (2.3 bu/ac)上回り、記録上最高の平均単収である。
- 2018年の収穫面積は、33.10百万ha (81.8百万ac)と予測されている。2017年を0.38百万ha (0.9百万ac)下回り、2008年から2017年に収穫されたトウモロコシの平均値である33.67百万ha (83.2百万ac)をわずかに下回っている。
- 2018年の収穫面積は過去10年中7番目で、平均単収は記録上最高であったため、収穫量は371.52 mmt (14.626百万bu)で米国産トウモロコシ収穫量の記録上3番目となることが予想されている。この値は2016年の記録的なトウモロコシ収穫量(384.78 mmt または 15,148百万bu)を13.26 mmt (522百万bu)下回るとみられる。



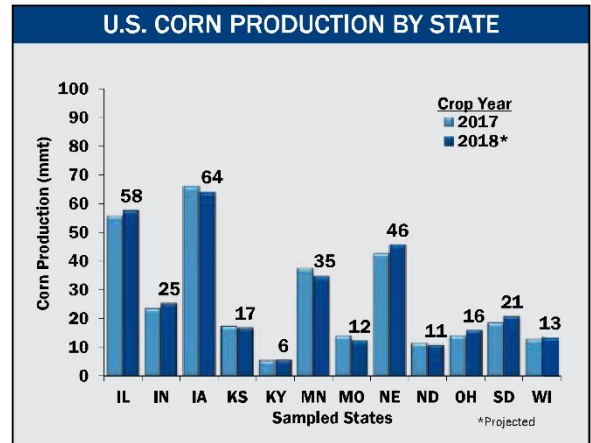
### ASD と州レベルの生産量

2018/2019年収穫時品質報告書の対象地域には米国最大の生産地域が含まれています。これは、USDA農業統計地域(Agricultural Statistical District: ASD)の2018年トウモロコシ生産量予測を示す地図で確認することができます。これらの州が米国産トウモロコシ輸出量の約95%を占めています<sup>2</sup>。



<sup>1</sup> mt- メートルトン; mmt- 百万メートルトン; ha- ヘクタール; bu- ブッシェル; mil bu- 百万ブッシェル; ac- エーカー  
<sup>2</sup> 出典: USDA NASS, USDA GIPSA および Centrec の予測

大方において、2017 穀物年度に生産されたトウモロコシと 2018 穀物年度産のトウモロコシの州別の収量および収穫面積の違いはわずかです。トウモロコシ生産主要 12 州のうち 5 州で 2017 年から生産量が減少しているかまたは同じで、ミズーリ州のみが 2017 年との比較で 10%以上生産量が減少しています。



出典: USDA NASS

米国産トウモロコシ生産量の表は、各州の 2017 年のトウモロコシ生産量と 2018 年予測との間の生産量の推移とともに、収穫面積と単収の相対的な変化も示しています。緑色のバーは 2018 年予測値を 2017 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。この表から、2018 年の収穫面積は調査対象 12 州のうち 11 州が 2017 年とほぼ同じであることがわかります。10%の減少が予測されているノースダコタ州のみが、2017 年のトウモロコシと比較して 5%を上回る収穫面積の変化があります。全体的にみると、州別の平均単収は 2018 年が 2017 年を上回っています。平均単収の増加が予測されている 8 州のうち、2017 年（14%）からの単収の増加が最大になるとみられているのはサウスダコタ州です。2017 年と比較して平均単収が減少すると予測されているのは 4 州だけです。ミズーリ州は州レベルの平均単収が 15%減少すると予測され、5%以上の単収の減少が予測されている唯一の州でもあります。

| State        | 2016 | 2017P | Difference |         | Relative % Change* |       |
|--------------|------|-------|------------|---------|--------------------|-------|
|              |      |       | MMT        | Percent | Acres              | Yield |
| Illinois     | 57   | 56    | (2)        | -3%     |                    |       |
| Indiana      | 24   | 24    | (0)        | 0%      |                    |       |
| Iowa         | 70   | 65    | (5)        | -7%     |                    |       |
| Kansas       | 18   | 18    | 0          | 1%      |                    |       |
| Kentucky     | 6    | 6     | (0)        | -1%     |                    |       |
| Minnesota    | 39   | 37    | (2)        | -6%     |                    |       |
| Missouri     | 14   | 14    | (0)        | 0%      |                    |       |
| Nebraska     | 43   | 42    | (1)        | -2%     |                    |       |
| North Dakota | 13   | 11    | (2)        | -17%    |                    |       |
| Ohio         | 13   | 14    | 0          | 3%      |                    |       |
| South Dakota | 21   | 20    | (1)        | -5%     |                    |       |
| Wisconsin    | 15   | 13    | (2)        | -14%    |                    |       |
| Total U.S.   | 385  | 370   | (14)       | -4%     |                    |       |

\* 緑は前年より増加、赤は前年より減少していることを示している。バーの高さは相対的な量を表している。

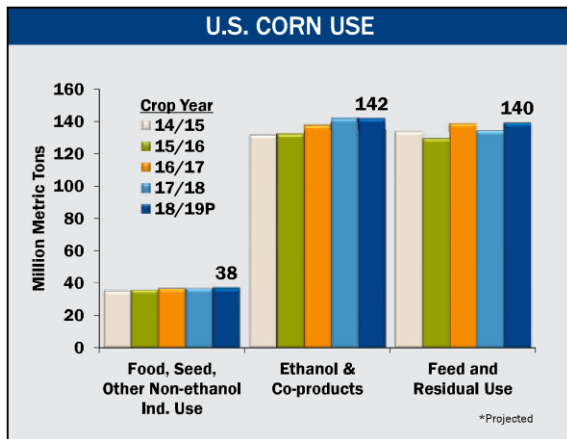
\* 予測

出典: USDA NASS

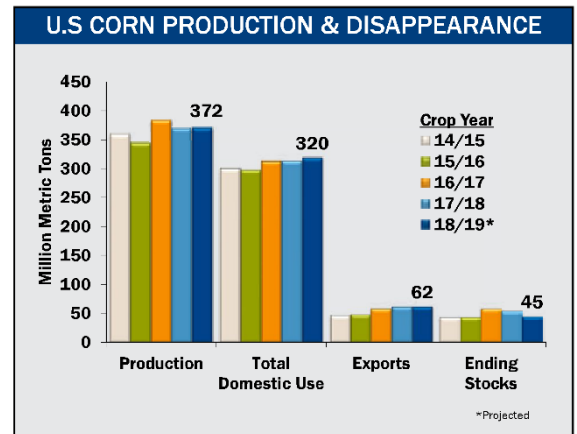


## B. 米国産トウモロコシの消費量および最終在庫量

- 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の消費量は、過去4期の市場年度にわたり変わらず一定している。
- MY14/15以降ガソリンの国内消費量は失速しているが、エタノール輸出の増加によって今期のエタノール生産用のトウモロコシ年間消費量は微増している。
- トウモロコシの国内畜産・家禽類飼料原料としての直接消費が依然堅調なのは、トウモロコシの供給量が豊富で、他の飼料原材料に比べてトウモロコシ価格に競争力があるためである。
- 輸出需要が堅調でかつトウモロコシの量も比較的豊富であることから、米国産トウモロコシの輸出量はMY14/15以降毎年微増している。
- 最終在庫量は2016年の記録的な数値を受けて最高の値となり、2017年はわずかに減少したものの、依然としてとして第2位の高さである。



出典: USDA WASDE and ERS



出典: USDA WASDE and ERS

## C. 見通し

### 米国の見通し

- 米国産トウモロコシが過去3番目の収穫量となることが予測されるため、MY18/19では豊富にトウモロコシが供給されることになる。供給量が十分であるため、MY12/13にピークを迎えたトウモロコシ価格を押し下げる圧力が依然として継続する。十分な供給量と低価格は、MY18/19のトウモロコシ国内消費量が過去最高になるという予測の主因となっている。
- MY18/19の食料、種子およびエタノール以外の産業用途（FSI）のトウモロコシ消費量はMY17/18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が続くと予想される。
- MY18/19のエタノール用トウモロコシ消費量予測はMY17/18と同じである。エタノール用トウモロコシの消費量は、ある程度国内のガソリン需要の影響を受け、ガソリンの価格が下がれば国内消費が増え、国内エタノール市場が拡大する。ガソリン価格は比較的低い状態が続いている一方で消費は失速しているが、エタノール用



- トウモロコシの消費量が安定しているのは輸出エタノール需要が根強いためである。
- MY18/19の飼料用トウモロコシおよびその残渣物の国内消費量はMY17/18を5.13 mmt上回る(3.8%増)と予想されている。トウモロコシの価格が低いため飼料用トウモロコシに対する需要が維持され、よって、飼料コストが下がり、家畜・家禽類の在庫が増大すると予想されている。
- MY18/19の米国産トウモロコシの輸出量はMY17/18をわずか0.5%上回ると予測され、MY18/19の輸出量は最高記録となると見込まれている。
- MY18/19のトウモロコシ最終在庫量は16.8%と予測され、前市場年度の値を下回る。MY16/17とMY17/18の2年にわたり続いた歴史的にまれなトウモロコシ生産量の増加による同両年の最終在庫量増は言うまでもなく、根強い国内需要と輸出需要もこの減少の原因のひとつである。
- 対消費在庫率については、2016年は15.6%で、これまでで最も高いのはMY05/06(17.5%)である。その後直近2年間は減少し、MY18/19は11.9%と予測されており、この値は過去10年の市場年度の平均(11.6%)とほぼ同じである。

## 世界の見通し<sup>3</sup>

### 世界の供給

- 主要トウモロコシ生産国の収穫量がわずかに増加するため、MY18/19の世界のトウモロコシ生産量はMY17/18をわずかに上回ると予想される。
- MY18/19のブラジル、アルゼンチンおよびウクライナの生産量の増加は中国、インド、およびEUの生産量の減少で相殺される。
- 米国の予測輸出量の増加に加えて、米国以外のMY18/19の総輸出量もMY17/18をわずかに上回ると予想されている。
- 米国以外の主要輸出国については、アルゼンチンおよびブラジルからの輸出は増加すると予測されている。

### 世界の需要

- MY17/18には1,086.23 mmtだった世界のトウモロコシ消費量は、MY18/19には1,131.31 mmtに、年率にして約4%増加することが予想されている。
- 南アフリカ、日本およびカナダを除き、主要トウモロコシ消費諸国/地域のMY18/19のトウモロコシ消費量はMY17/18を上回ると予測され、中でも中国の増加が最大(13.00 mmt)になるとみられる。
- MY18/19の世界の輸入量は前年から増加するとみられている。MY18/19のカナダ、日本およびトルコの輸入量減少はEU、ベトナム、中国およびサウジアラビアの輸入量の増加で相殺されると予測されている。

<sup>3</sup> USDA/Foreign Agricultural Service-Production, Supply and Distribution Database



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)            | 14/15  | 15/16  | 16/17  | 17/18  | 18/19*        |
|----------------------|--------|--------|--------|--------|---------------|
| <b>面積 (百万ヘクタール)</b>  |        |        |        |        |               |
| 作付                   | 36.68  | 35.64  | 38.06  | 36.52  | 36.07         |
| 収穫                   | 33.66  | 32.69  | 35.12  | 33.48  | 33.12         |
| 単収 (トン/ヘクタール)        | 10.73  | 10.57  | 10.96  | 11.09  | 11.23         |
| <b>供給量 (百万トン)</b>    |        |        |        |        |               |
| 期首在庫                 | 31.29  | 43.97  | 44.12  | 58.25  | 54.36         |
| 生産量                  | 361.09 | 345.51 | 384.78 | 370.96 | 371.52        |
| 輸入量                  | 0.80   | 1.72   | 1.45   | 0.91   | 1.14          |
| 総供給量                 | 393.19 | 391.20 | 430.35 | 430.15 | 427.15        |
| <b>消費量 (百万トン)</b>    |        |        |        |        |               |
| 食用、種子、その他エタノール以外の産業用 | 35.48  | 36.19  | 36.91  | 36.91  | 37.59         |
| エタノール・併産物            | 132.09 | 132.69 | 137.98 | 142.37 | 142.25        |
| 飼料・残渣                | 134.23 | 129.91 | 138.95 | 134.58 | 139.71        |
| 輸出量                  | 47.42  | 48.29  | 58.27  | 61.93  | 62.23         |
| 総消費量                 | 349.22 | 347.07 | 372.10 | 375.76 | 381.78        |
| 最終在庫                 | 43.97  | 44.12  | 58.25  | 54.36  | 45.24         |
| 平均農家出荷価格 (ドル/トン*)    | 145.66 | 142.12 | 132.28 | 132.28 | 125.98-157.47 |

| 英国単位                 | 14/15  | 15/16  | 16/17  | 17/18  | 18/19*    |
|----------------------|--------|--------|--------|--------|-----------|
| <b>面積 (百万エーカー)</b>   |        |        |        |        |           |
| 作付                   | 90.6   | 88.0   | 94.0   | 90.2   | 89.1      |
| 収穫                   | 83.1   | 80.8   | 86.7   | 82.7   | 81.8      |
| 単収 (ブッシェル/エーカー)      | 171.0  | 168.4  | 174.6  | 176.6  | 178.9     |
| <b>供給量 (百万ブッシェル)</b> |        |        |        |        |           |
| 期首在庫                 | 1,232  | 1,731  | 1,737  | 2,293  | 2,140     |
| 生産量                  | 14,216 | 13,602 | 15,148 | 14,604 | 14,626    |
| 輸入量                  | 32     | 68     | 57     | 36     | 45        |
| 総供給量                 | 15,479 | 15,401 | 16,942 | 16,934 | 16,816    |
| <b>消費量 (百万ブッシェル)</b> |        |        |        |        |           |
| 食用、種子、その他エタノール以外の産業用 | 1,397  | 1,425  | 1,453  | 1,453  | 1,480     |
| エタノール・併産物            | 5,200  | 5,224  | 5,432  | 5,605  | 5,600     |
| 飼料・残渣                | 5,284  | 5,114  | 5,470  | 5,298  | 5,500     |
| 輸出量                  | 1,867  | 1,901  | 2,294  | 2,438  | 2,450     |
| 総消費量                 | 13,748 | 13,664 | 14,649 | 14,793 | 15,030    |
| 最終在庫                 | 1,731  | 1,737  | 2,293  | 2,140  | 1,781     |
| 平均農家出荷価格 (ドル/ブッシェル*) | 3.70   | 3.61   | 3.36   | 3.36   | 3.25-3.95 |

P-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。

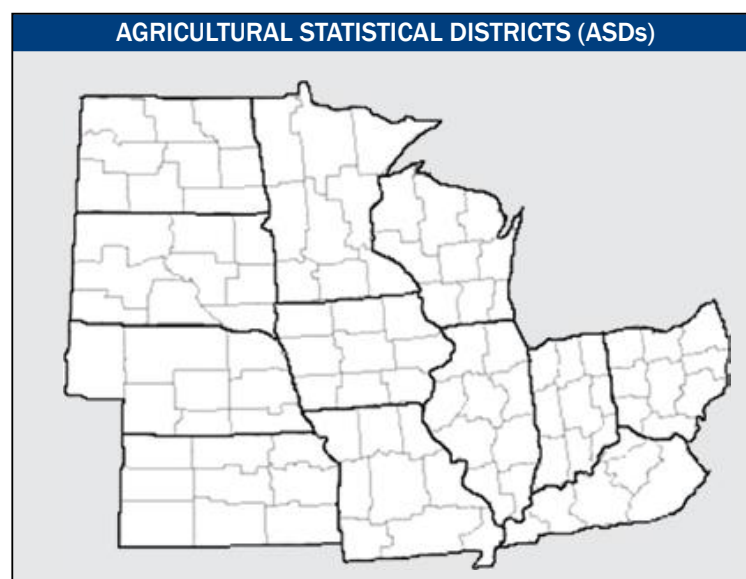
WASDEの12月予測に基づく18/19P平均農家出荷価格

出典: USDA WASDE and ERS

## A. 概要

本 2018/2019 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通りです。

- 過去 7 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約 95% 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) にしたが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 608 のサンプルを対象として、信頼度 95% で最大 ±10% の相対許容誤差 (相対 ME) を達成した。
- 2018 年 8 月 27 日から 11 月 28 日の間に、農家からの搬入トラックのトウモロコシから抜き出した、ブレンドされていない合計 618 のサンプルを地域のエレベーター業者から入手し、試験を行った。
- 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、181 のサンプルをアフラトキシンとデオキシニバレノールまたはボミトキシンの試験に採用した。
- 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 のレベルで各品質項目の相対 ME を計算した。ストレスクラックの相対 ME は米国北西部 ECA および南部鉄道網 ECA で ±10% を上回り、その一方ストレスクラック指標 (SCI) の相対 ME は米国集計と 3 ECA で ±10% を上回った。加えて、米国北西部 ECA の総損傷率も相対 ME が ±10% を上回った。これらの品質ファクターの正確性が低いことは望ましくはないものの、これらの相対 ME レベルは推算を無効にするものではない。
- 2017 年~2018 年および 2016 年~2018 年間の品質ファクターの平均値の統計的差異を求めるため、信頼度 95% 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 2018/2019 年収穫時品質報告書では、米国産トウモロコシ輸出量の約 95% を占める 12 の主要生産州のイエロー・コモディティー・コーンを目標母集団としています<sup>1</sup>。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、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、2018/2019 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。

採取したサンプル数は、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。2018/2019 年収穫時報告書のために採用した正確度は信頼度 95% で相

対誤差範囲（相対 ME）が±10%以内です。こうしたトウモロコシの品質ファクターなどの生物データでは、±10%の相対 ME は適切な目標レベルであるといえます。

目標とする相対 ME 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（たとえばトウモロコシ収穫時の品質ファクターのばらつき）を用いるべきです。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。結果として、各品質ファクターについて同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。

今年のトウモロコシ評価に用いられる 18 の品質ファクターの母分散は未知であるため、2017/2018 年収穫時報告書からの分散推計値を代用しました。2017 年の 627 サンプルの結果を用いて、15 の品質ファクターについて相対 ME が±10%となるよう、ばらつきと最終的に必要となるサンプル数を計算しました。破損粒、異物、熱損傷は試験対象外としました。ストレスクラックおよびストレスクラック指標（SCI）では相対 ME はそれぞれ 11%と 13%となり、この 2 つのみが米国集計の中で相対 ME が±10%を超える品質ファクターとなりました。これらのデータから、ストレスクラックと SCI は例外として、サンプル数が最低 600 あれば当協会が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思われます。ただし、ASD 別の目標サンプル数を四捨五入し、さらに各 ASD の最低サンプル数を 2 とする基準に従ったため、目標とするサンプル数は 608 となりました。

<sup>1</sup> 出典：USDA NASS、USDA GIPSA および Centrec の予測値

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だけでなく、推定信頼度が95%のレベルで相対MEが $\pm 10\%$ であること、すなわち同じ精度であることが望ましいと考えました。最低サンプル数（600件）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、最低150サンプルを試験することによって、信頼度95%で何パーセントのサンプルが米国食品医薬局（FDA）のアフラトキシン規制レベルの20 ppb（10億分の1）を下回っている

るかということを相対ME $\pm 10\%$ で示すことができるのです。さらに、何パーセントのサンプルがFDAのデオキシニバレノール勧告レベルの5 ppm（100万分の1）を下回っているのかを、相対ME $\pm 10\%$ 、信頼度95%で推算することができます。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181としました。

## 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。依頼通り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てくれたエレベーター宛に、返送料金前払いのサンプル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あ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ていました。農場からの搬入トラックから採取されたブレンドしていない総数618のトウモロコシサンプルは、2018年8月27日から11月28日の間に地域のエレベーターから受け取り、その後試験しました。



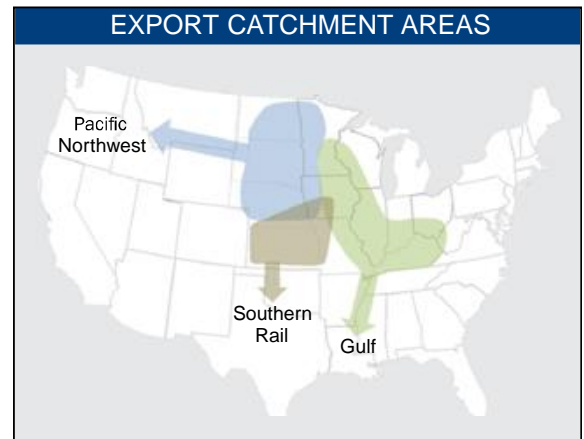
## C. 統計分析

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つの輸出拠点地域（ECA）と名付けた3大輸出経路それぞれにトウモロコシを供給する地域です。

- 通常米国ガルフの港からトウモロコシを輸出する地区で構成されるガルフ ECA
- 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する地区郡を含む米国北西部 ECA
- 通常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する地区で構成される南部鉄道網 ECA

サンプル試験結果の分析にあたって、当協会は**加重平均値**および**標準偏差**を含め、層別比例サンプリング用の標準的な統計手法に従いました。米国集計の加重平均値および標準偏差に加え、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。

2018/2019 年収穫時報告書には過去 5 年の収穫時報告書（2013/2014 年、2014/2015 年、2015/2016、2016/2017 年および 2017/2018 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。



相対 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。下の表は品質ファクターと組成グループ別の相対 ME のうちで±10%を上回ったものすべてをまとめたものです。

|           | 相対 ME |          |     |
|-----------|-------|----------|-----|
|           | 総損傷   | ストレスクラック | SCI |
| 米国平均      |       |          | 12% |
| ガルフ ECA   |       |          | 12% |
| 米国北西部 ECA | 11%   | 13%      | 16% |
| 南部鉄道網 ECA |       | 15%      | 19% |

これら品質ファクターの正確度のレベルが低いことは望ましくはないものの、これらの相対 ME レベルは推算を無効にするものではありません。品質ファクターについての集計表の脚注に、相対 ME が±10%を超えている項目を記載しています。

「品質試験結果」セクション中で言及している 2017/2018 年収穫時報告書と 2018/2019 年収穫時報告書の間、および 2016/2017 年収穫時報告書と 2018/2019 年収穫時報告書の間、試験結果の統計差および有意差またはそのいずれかについては、信頼度 95% で両側 t 検定においてその妥当性を確認しています。

2018/2019 収穫時品質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。試験期間内に劣化することを避けるために、到着時すぐにサンプルは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。次に、サンプルは Boerner のディバイダーを用いて 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分配されるよう配置しました。片方のサブサンプルは等級付のためにイリノイ州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 17025:2005 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、予め容積が分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入れます。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。

### 破砕粒 & 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。

損傷粒の含有量を調べるため、訓練を受けライセンスを有する試験担当者が BCFM の存在しない代表的なサンプル 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*）および芽損傷粒などがあります。総損傷率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。

熱損傷は総損傷の中のひとつの要素で、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者が 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

が多くなるにしたが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有率）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有率を予測するために、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 *収穫時品質報告書* 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  $\text{cm}^3$  で表します。1 穀粒当たりの容積は通常  $0.14\sim 0.36 \text{ cm}^3$  の範囲にあり、前者は小型トウモロコシ、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

( $\text{g/cm}^3$ ) 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  $1.20\sim 1.30 \text{ g/cm}^3$  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だって見えるよう、バックライトの付いた観察板の上で評価します。外観に損傷のないトウモロコシ百粒について、その1粒1粒を調べます。光は硬胚乳を通過するため、各穀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) 亀裂無し (2) 亀裂1本 (3) 亀裂2本 (4) 亀裂3本以上の4つのカテゴリーに分類します。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1本、亀裂2本または亀裂3本以上を持つ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り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。ストレスクラックが存在する場合は、亀裂が2本以上あるよりも1本である方が良好と言えます。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。

ストレスクラック指標 (SCI) はストレスクラックの加重平均値です。この数値はストレスクラックの程度を示します。SCI は以下の数式を用いて求めることができます。

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

ここで

- SSC は亀裂が1本だけの粒の割合 (%)
- DSC は亀裂が2本の粒の割合 (%)
- MSC は亀裂が3本以上の粒の割合 (%)

SCI の値は 0~500 の範囲内で、高い値はサンプルのストレスクラックの数が非常に多いことを示しており、ほとんどの用途において望ましくありません。

## 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% というのは亀裂&破損率 3% に相当します。

## 硬胚乳

硬胚乳試験ではバックライトのついた台の上に胚芽を上向きに配置し、外観上良好なトウモロコシ 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濃度・分布に決定的に左右されることとなります。このロットはトラック輸送の場合のロット、保管時のロットまたは鉄道貨物としてのロットを問いません。

トウモロコシの輸出には正確な結果が不可欠であるため、FGIS のサンプリング手順はマイコトキシンの真の濃度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。一方、2018/19 年収穫時品質報告書のマイコトキシン評価の目的は、輸出用トウモロコシのマイコトキシンの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。

2018/19 年収穫時品質報告書用としてアフラトキシンおよびデオキシニバレノールまたはボミトキシンの発生頻度を明らかにするため、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、アフラトキシン試験用に粉砕し、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、穂から取り出した 2 キログラムのトウモロコシ穀粒の調査サンプルを 1000 グラムのラボサンプルに小分けしました。1 キロ

グラムサンプルを Romer Model 2A ミルで粉砕し、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 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。

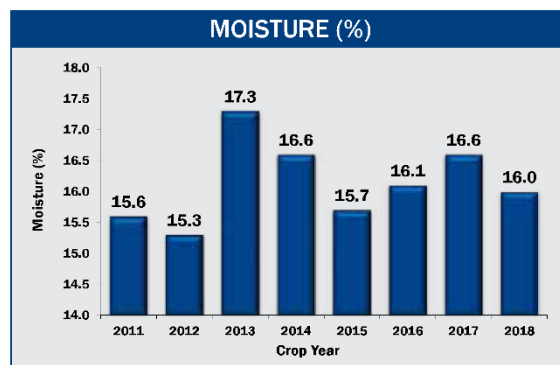
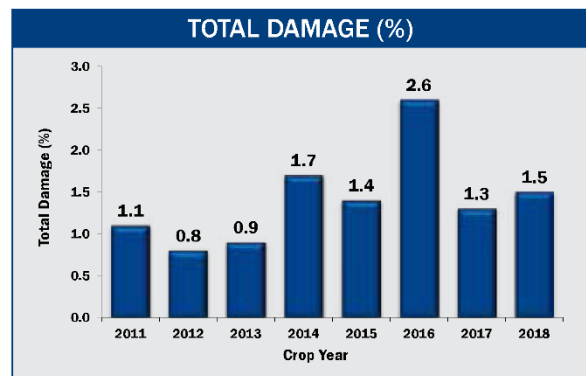
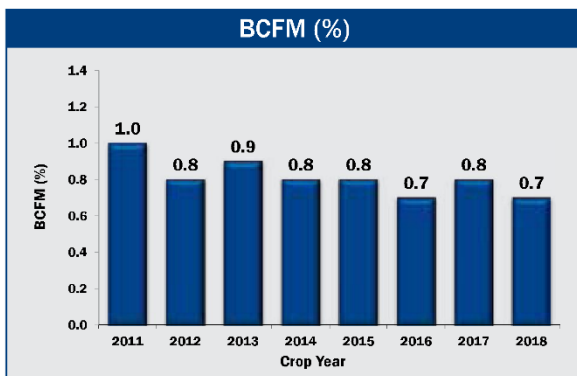
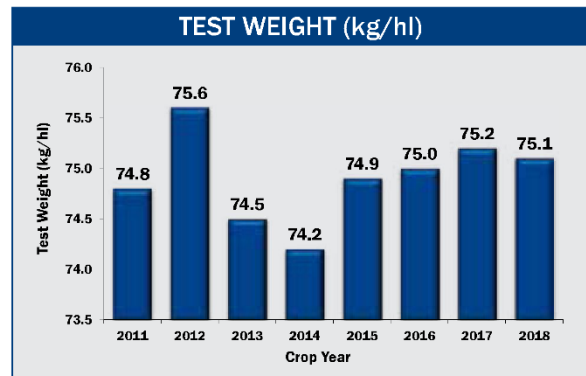
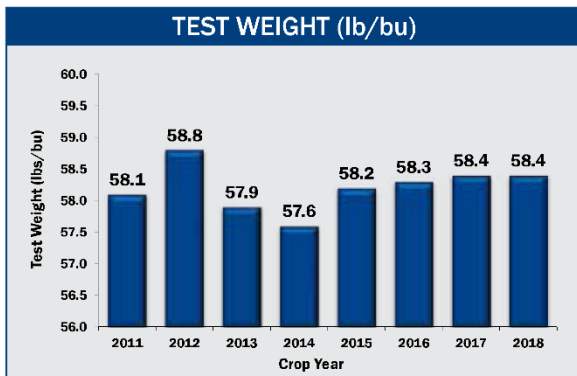
EnviroLogix 定量化試験キットは、マイコトキシン濃度が「検出限度（LOD）」と呼ばれる特定のレベルを超えた場合にその濃度を知らせるものです。LOD は、分析上の空白（マイコトキシンが存在しない）を測定する方法とは統計的に異なる分析方法を用いて測定することのできる最低濃度と定義されます。マイコトキシンの種類、テストキット、コモディティの組み合わせが異なれば、この LOD も変化します。EnviroLogix AQ 309 BG および AQ 304 BG の LOD はアフラトキシンでは 2.7 ppb（10 億分の 1）でデオキシニバレノールでは 0.1 ppm（100 万分の 1）です。

Envirologix AQ 309 BG の試験キットを用いたアフラトキシンや、AQ 304 BG のキットを用いたデオキシニバレノールの定量化については FGIS から性能書が発行されています。

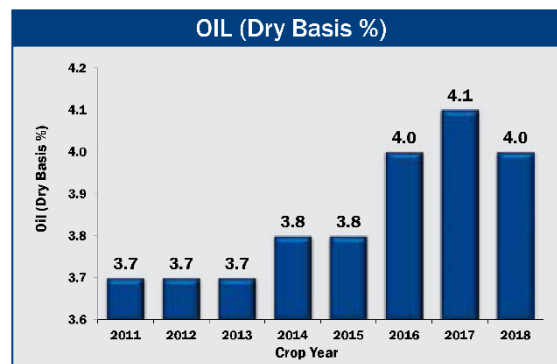
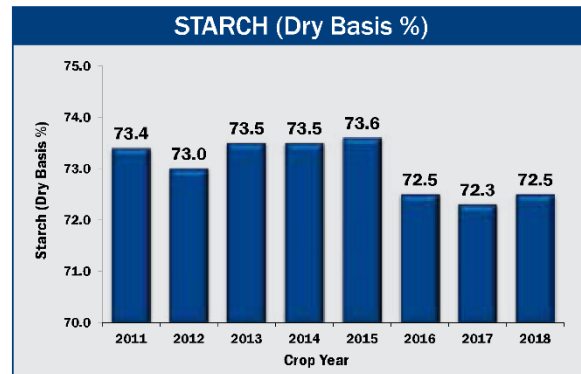
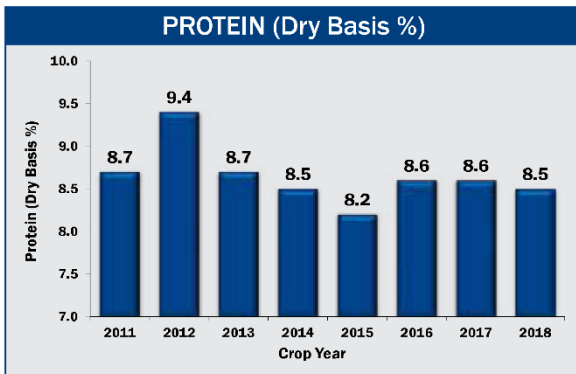


### A. 等級ファクターと水分含量

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、8年間の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ことができるようにしています。

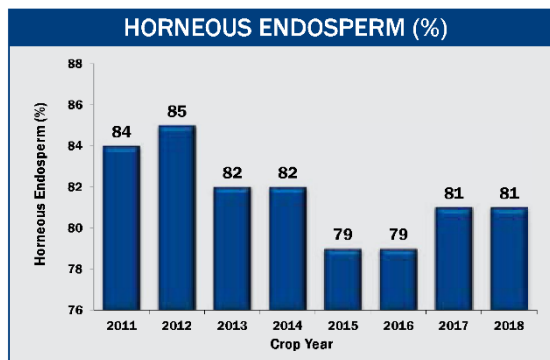
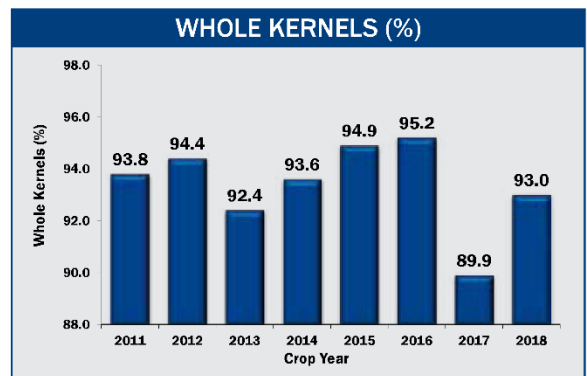
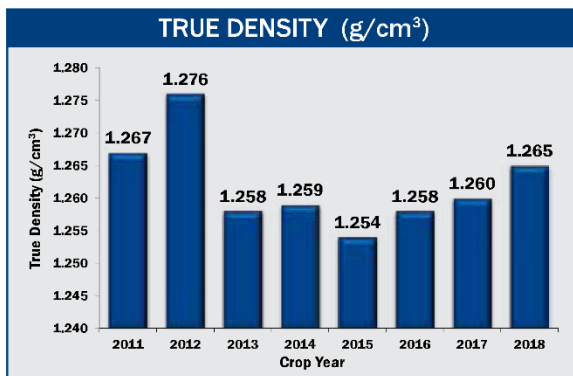
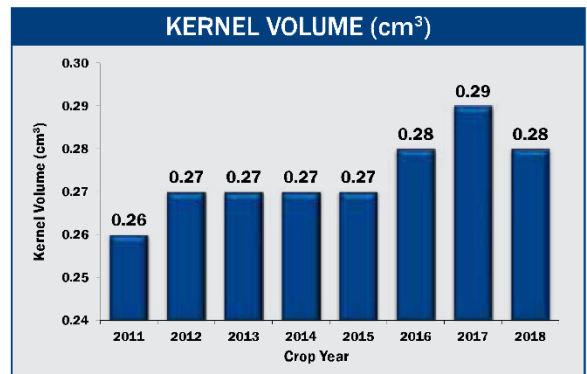
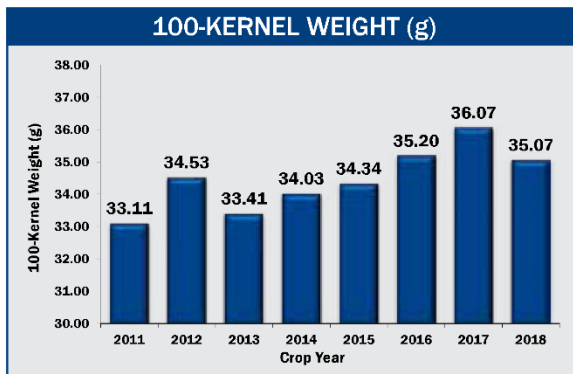
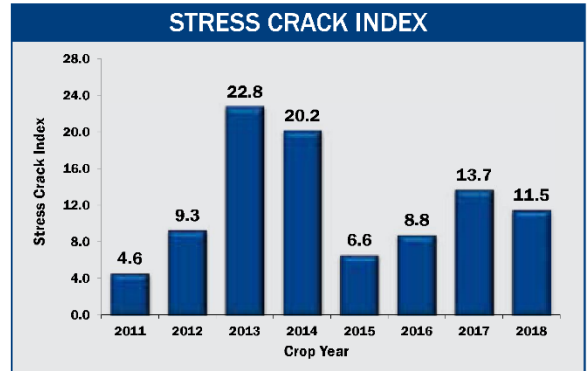
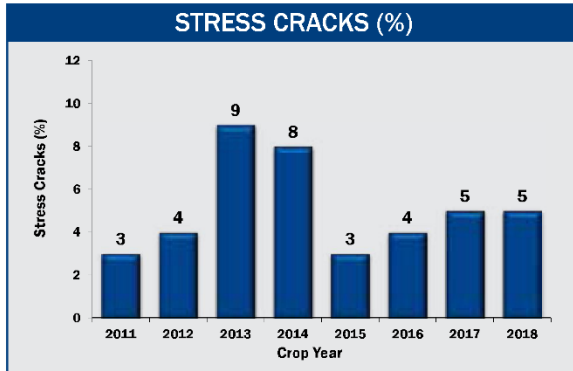


## B. 化学組成

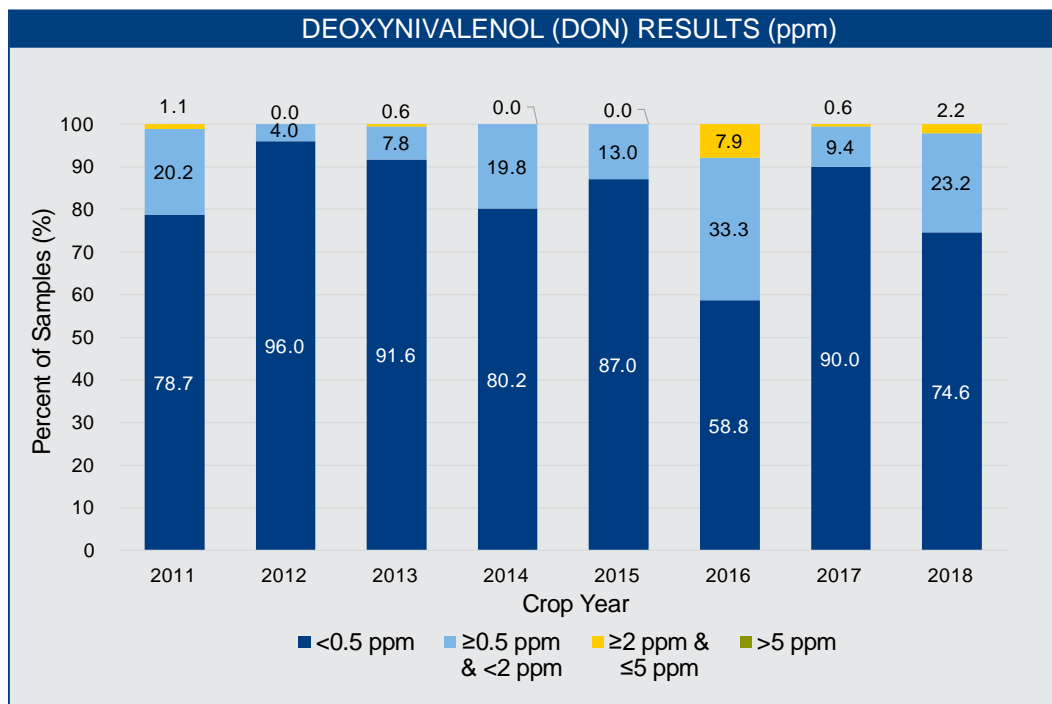
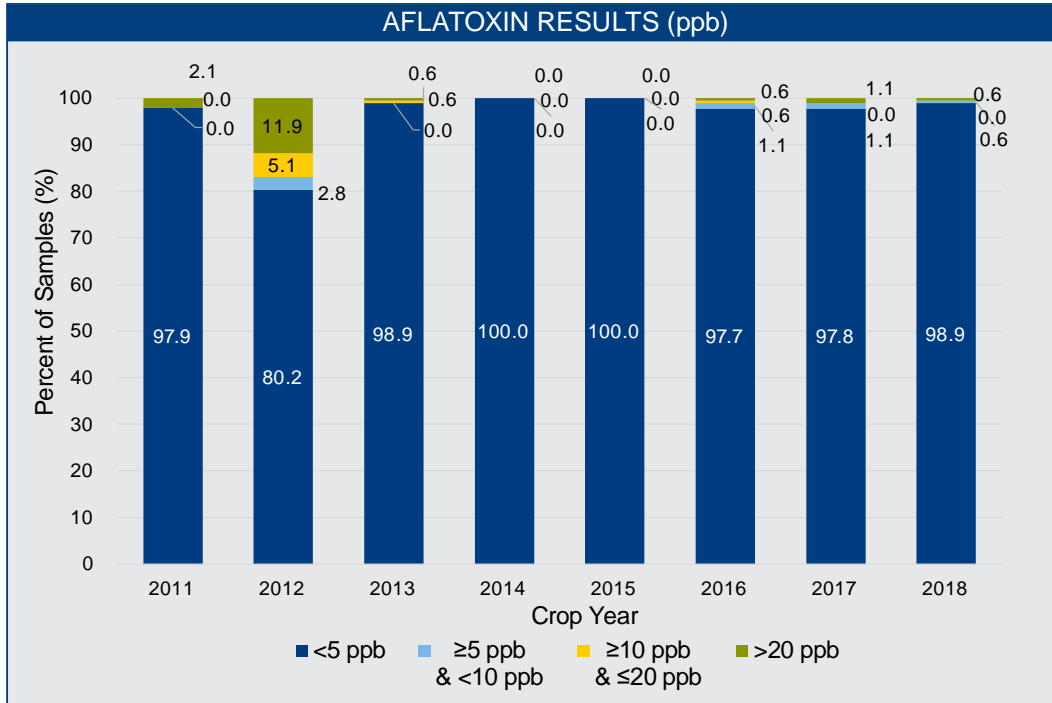




C. 物理的ファクター



D. マイコトキシン





米国产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 (%) |
| U.S. No. 1 | 56.0                  | 0.1     | 3.0     | 2.0        |
| U.S. No. 2 | 54.0                  | 0.2     | 5.0     | 3.0        |
| U.S. No. 3 | 52.0                  | 0.5     | 7.0     | 4.0        |
| U.S. No. 4 | 49.0                  | 1.0     | 10.0    | 5.0        |
| U.S. 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通り： (a) 1、2、3、4、5の等級要件を満たさないもの、または (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が一般に有害・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0.20%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 (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

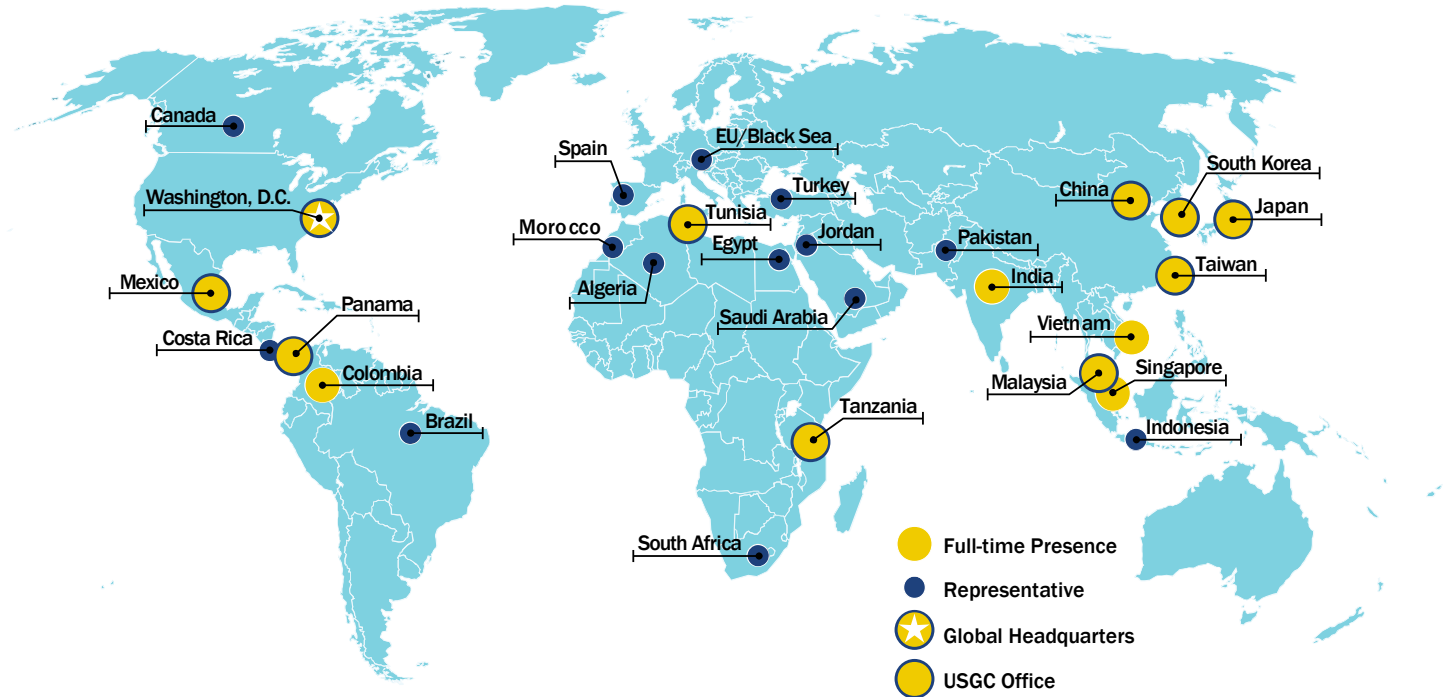




米国単位/メートル単位換算表

| 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           | 100ハンドレッドウェイト = 100 ポンド<br>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 キンタル/ヘクタール  | 1 メートルトン = 10 キンタル                         |
| 56 ポンド/ブッシェル = 72.08キログラム/ヘクタール   | 1 キンタル = 100 キログラム                         |
|                                   | 1 ヘクタール = 2.47 エーカー                        |





### HEADQUARTERS:

20 F Street NW, Suite 600 • Washington, DC 20001  
 Phone: +1-202-789-0789 • Fax: +1-202-898-0522  
 Email: [grains@grains.org](mailto:grains@grains.org) • Website: [grains.org](http://grains.org)

#### PEOPLE'S REPUBLIC OF CHINA: Beijing

Tel1: +86-10-6505-1314 • Tel2: +86-10-6505-2320  
 Fax: +86-10-6505-0236 • [grainsbj@grains.org.cn](mailto:grainsbj@grains.org.cn)

#### JAPAN: Tokyo

Tel: +81-3-6206-1041 • Fax: +81-3-6205-4960  
[tokyo@grains.org](mailto:tokyo@grains.org)

#### KOREA: Seoul

Tel: +82-2-720-1891 • Fax: +82-2-720-9008  
[seoul@grains.org](mailto:seoul@grains.org)

#### MEXICO: Mexico City

Tel: +52-55-5282-0244  
[mexico@grains.org](mailto:mexico@grains.org)

#### MIDDLE EAST AND AFRICA: Tunis

Tel: +216-71-191-640 • Fax: +216-71-191-650  
[tunis@usgrains.net](mailto:tunis@usgrains.net)

#### SOUTH ASIA

[asachdev@grains.org](mailto:asachdev@grains.org)

#### SOUTHEAST ASIA: Kuala Lumpur

Tel: +603-2093-6826 • Fax: +603-2093-2052  
[grains@grainsea.org](mailto:grains@grainsea.org)

#### SINGAPORE

[tterney@grains.org](mailto:tterney@grains.org)

#### TAIWAN: Taipei

Tel: +886-2-2523-8801 • Fax: +886-2-2523-0149  
[taipei@grains.org](mailto:taipei@grains.org)

#### TANZANIA: Dar es Salaam

Tel: +255-68-362-4650  
[mary@usgrainstz.net](mailto:mary@usgrainstz.net)

#### WESTERN HEMISPHERE: Panama City

Tel: +507-315-1008 • Fax: +507-315-0503  
[grains@lta-grains.org](mailto:grains@lta-grains.org)