



U.S. GRAINS
COUNCIL



2016/2017
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) のシャロン・バード博士とクリス・シュローダー氏に対し、アメリカ穀物協会（協会）は感謝の意を表します。両氏によるデータの収集、分析および報告書作成作業には社内スタッフおよび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・ホワイテーカー博士、ローウェル・ヒル博士、マービン・R・ポールセン博士およびフレッド・ベロー博士が含まれます。さらに、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

品質検査結果

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. 2016 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	51
D. 収穫の状況	52
E. 2015 年、2014 年 5 年平均と比較した場合の 2016 年	54

米国産トウモロコシ生産量、消費量および見通し

A. 米国産トウモロコシ生産量	56
B. 米国産トウモロコシの消費量および最終在庫量	58
C. 見通し	58

調査および統計分析の方法

A. 概要	61
B. 調査設計とサンプリング	62
C. 統計分析	64

試験分析法

A. トウモロコシ等級ファクター	65
B. 水分含量	66
C. 化学組成	66
D. 物理的ファクター	67
E. マイコトキシン試験	69

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）はトウモロコシの品質調査の6度目の年次報告書である2016/17年トウモロコシ収穫時品質報告書をご案内申し上げます。

当協会は、米国産農作物の出荷時の品質に関し、正確で時宜を得た情報を提供することを旨としています。そうした情報により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、米国市場の信用や能力に対する信頼性を高めることができます。

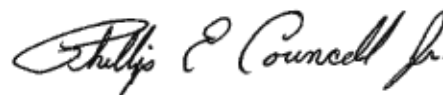
今年のトウモロコシの生殖生長期中の作柄は優良で、特にコーンベルトの西部地域を中心に高い収量を得ることができました。全体的に、2016年は温暖かつ乾燥した生育期という特徴があり、温暖で多雨の登熟期と収穫がこれに続きました。米国のこのように有利な気象条件により、2016年は記録的な量のトウモロコシが輸出可能と予測されています。

これまでの収穫時報告書同様、本2016/17年収穫時品質報告書は、世界中の流通経路へと流れていく米国作物の収穫時点の品質に関する情報を、過去の品質との比較が可能な一貫性のある方法で提供するものです。バイヤーの皆様が注目するトウモロコシの品質はさらに、その後の取り扱い、ブレンドおよび保管条件の影響を受けることとなります。当協会が作成する報告書の第二弾、「2016/17年トウモロコシ輸出貨物品質報告書」は海外出荷のため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、2017年初頭に発行が予定されています。

アメリカ穀物協会は貿易の拡大と国外市場の開拓を通じて世界の食糧安全保障および経済的相互利益のために力を尽くします。当協会が世界に擁するスタッフは、全世界のトウモロコシのバイヤーの皆様と世界最大かつ最も高度な農業生産・輸出システムとの橋渡し役を担います。

この役割の一環として、当協会は、「市場を開拓し、貿易を可能にし、生活を改善する」という当協会のミッションを遂行するために、協会のパートナーの方々に本報告書をお届けします。お役に立ていただければ幸いに存じます。

敬具



フィリップ・“チップ”・カウンセル・ジュニア
アメリカ穀物協会会長
2016年12月



2016年トウモロコシの全体的な品質は、大半の特性で過去5年間の穀物年度の平均値(5YA¹)を上回り、サンプルの87.8%が米国等級No.2以上に相当します。等級ファクターの平均レベルが良好であることに加え、これから市場に向かう2016年米国産トウモロコシは、容積重、穀粒容積、油分含量および完全粒の平均値が5YAを上回り、破損粒&異物およびストレスクラックの割合が5YAを下回っています。

このように品質が優れているのは、例年よりも早く作付することができたこと、生育期は暖かく、降雨量が少なかったこと、そして登熟期および収穫期は温暖

で降雨量が多かったというように、トウモロコシ生育期間全体が順調に推移した結果です。2016年の米国のトウモロコシ生産者の単収は記録的な高さとなり、結果として米国のトウモロコシ生産量はこれまでで最高となります。2016年米国産トウモロコシ総生産量は3億8,680万トン(152億3,000万ブッシェル)になると予測され、これは2015年のトウモロコシ生産量を11.95%上回る値です。米国は最大のトウモロコシ輸出国で、2016/2017年市場年度の世界トウモロコシ輸出量の39.2%を占めると予測されています。

等級ファクターおよび水分

- 平均容積重は58.3 lb/bu (75.0 kg/hl)で、94.9%がNo. 1等級トウモロコシの限界値を上回り、99.5%がNo. 2等級の限界値を上回っている。2015年および5YAを上回るこの容積重は、穀粒の登熟度および成熟度が良好であることを示唆している。
- 破損粒&異物(BCFM)のレベルは低く(0.7%)で、96.6%がNo.1等級の限界値を下回っており、クリーニングの必要がほとんどないことを示唆している。
- 総損傷率の平均は2.6%で、2015年、2014年および5YAを上回っている。サンプルの89.3%がNo.2等級の限界値を下回るが、安全に保管するための監視および適切な通気に対する注意が求められる。
- 熱損傷は観察されなかった。
- エレベーターでの水分含量(16.1%)は2015年を上回るが、5YAとの差はない。分布をみると、サンプルの33.1%が水分含量15%を下回り、水分含量17%を上回るサンプルはわずか28.4%である。この分布は乾燥を必要とするサンプルが2015年よりも多く、2014年より少ないことを示している。

化学組成

- タンパク質含有率(乾物ベース8.6%)は2015年および2014年を上回るが、5YAをわずかに下回る。
- デンプン含有率(乾物ベース72.5%)は2015年、2014年および5YAを下回る。
- 平均油分含有率は4.0%(乾物ベース)で、2015年、2014年および5YAを上回る。

¹ 5YAは2011/12年、2012/13年、2013/14年、2014/15年および2015/2016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を意味する。

物理的ファクター

- ストレスクラック率（4%）およびトレスクラック指標（8.8）は低く、2015年をわずかに上回るが、2014年および5YAを下回り、サンプルの91.7%のストレスクラック率は10%未満である。この低いストレスクラック率は、収穫時の圃場乾燥状態が優れており、降雨量の多い年と比較すると人工的な乾燥の要求度合いが低かったためと考えられる。損傷し易さの程度は比較的低い状態が続いているとみられる。
- 百粒重（35.20 g）は2015年、2014年および5YAを上回り、過去数年よりも粒が大きいことを示唆している。
- 穀粒容積の平均値は0.28 cm³で、2015年、2014年および5YAをわずかに上回っている。
- 真の密度の平均値は1.258 g/cm³で、2015年を上回り、2014年とは同程度で、5YAは下回っている。
- 硬胚乳の平均値は（79%）は2015年と同様の値であるが、2014年および5YAの値は下回っており、2014年および5YAよりも穀粒が柔らかいことを示唆している。
- 完全粒の平均値は（95.2%）は2015年、2014年および5YAを上回っている。完全粒の割合が高く、ストレスクラックの値が比較的低いということは、過去数年よりも取り扱い時の損傷粒が少ないことを示唆している。

マイコトキシン

- 1件のサンプルを除き、2016年の試験対象サンプルのすべて、すなわち全体の99.4%がFDAの規制レベルである20 ppbを下回っている。
- 2016年の試験サンプルの100%がFDAのデオキシニバレノール勧告レベルである5 ppmを下回っている（2015年および2014年と同じ）。ただし、FGISの「低準拠レベル」を上回るデオキシニバレノールレベルを示した2016年サンプルの数は2015年および2014年を上回っている。この増加は雨が多かった2016年では過去2年と比較してデオキシニバレノールが発生しやすくなったことが原因と考えられる。





アメリカ穀物協会の2016/17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産コモディティイエローコーンの品質について、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6度目となりました。6年間分の結果により、圃場から出荷される時点の米国産トウモロコシの品質に気象・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した。

2016年の春は米国内のほぼすべての地域で平均を上回る暖かさになりましたが、気温および降水量は大きなばらつきがありました。こうした要因により平均としては発芽が長引いたものの、5年平均(5YA)よりは早くなりました。生育期は温暖で降雨量が少なかったため、成長が促進され、健康な外観の植物体となりました。6月に入り、温暖少雨が植物体の生長を早め、窒素肥料の吸収にも良い影響を及ぼし、70~75%が「良い」または「とても良い」の状態にあると評価され、この評価が栽培期全体を通じて継続しました。こうした「良い」または「とても良い」の生育状況は2014年とほぼ同じです。ガルフおよび南部鉄道網の輸出拠点地域(ECA)では夏期の気温が平均を上回り、このことが高い夜間気温の主因となり、登熟期のデンプンの蓄積を抑制し、結果として2016年トウモロコシのデンプン含有率が低くなった可能性が考えられます。生殖期は雨が多く、夜間も暖かったため、真菌病を招く可能性が高まりました。総損傷平均値は過去数年を上回っているものの、依然として米国No.1等級の限界値内に十分おさまっています。

今年のトウモロコシは過去数年よりも早く成熟しましたが、地域によっては多雨により適切な時期の収穫が妨げられることになり、複数の地域でトウモロコシの水分含量が上昇する結果となっています。こうした地域では収穫が遅れましたが、降水量の少ない地域では収穫が早まりました。

2016年は全般的にほぼ平均的な収穫期となり、早期に収穫されたトウモロコシは病害が拡大する可能性を抑えるためにその後乾燥が施されることとなります。水分含量の平均は比較的lowく、完全粒の割合は過去数年を上回っているため、確認されたストレスクラック率が低いこともあって、取り扱い中の破損しやすさは低下し、保存性が良好となると思われます。全体として、2016年は、天候のおかげで、高単収、高い容積重、大きい穀粒、低ストレスクラック、高油分含有率の平均値となりました。

観測されたこうした特徴はこの6年間のトウモロコシの品質の違いを表していますが、全体として2016/2017年収穫時報告書は、2016/2017年市場経路で流通するトウモロコシの品質が良好であることを示しています。サンプルの65.5%がNo.1等級の要件をすべて満たし、87.8%がNo.2等級の要件を満たしているかまたはそれを上回っています。水分含量および総損傷の平均値は、輸出に至るまでの市場経路での保管・取り扱いが容易であることを示唆しています。

6年間の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。さらに、収穫時報告書のため計測調査を積み重ねることにより、輸出先の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、こうした複数年にわたる生育状況に基づいてトウモロコシの品質のパターンを評価することが可能になります。

本2016/17年収穫時報告書の内容は、トウモロコシを生産および輸出するトップ12州内の特定の地域から入手した624件のコモディティイエロ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観察し、地域による品質特性のばらつきを示す情報を提供できるよう、サンプルは到着した時点で各地域の穀物エレベーターから採取しました。

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。輸出市場に向かう3つの主要輸出経路で区別されたこれら3ECAは以下のとおりです。

- 通常米国ガルフの港からトウモロコシを輸出する地区群から構成されるガルフ ECA
- 太平洋岸北西部や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から構成される米国北西部 (PNW) 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から構成される南部鉄道網 ECA

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、サンプル試験の結果では米国集計の値と 3ECA 地域それぞれの値を報告しています。

収穫時に特定されるトウモロコシの品質特性は、トウモロコシが最終的に輸出顧客の手元に到着した時点の品質の基礎となるものです。ただし、トウモロコシは米国の市場システムの経路を進むに従って、他の地域のトウモロコシとブレンドされたり、トラックやバージ船、貨物列車に混載されたり、保管、積み込み、積み卸しが何度も繰り返されたりします。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。このため、2016/17 年収穫時報告書は、追って 2017 年前半に発表される予定のアメリカ穀物協会発行の 2016/2017 年トウモロコシ輸出貨物報告書と併せて、注意深く検討する必要があります。言うまでもなく、輸出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のいずれについても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、真の穀粒密度、完全粒および硬胚乳
- マイコトキシン：アフラトキシンおよびデオキシニバレノール

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、米国産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方法についての詳細な説明を記載しています。

本 2016/17 年収穫時報告書では、過去 5 年の収穫時報告書 (2011/12 年、2012/13 年、2013/14 年、2014/15 年および 2015/2016 年) の品質ファクター平均値および標準偏差の単純平均を新たに採用しました。この単純平均は米国集計と 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。



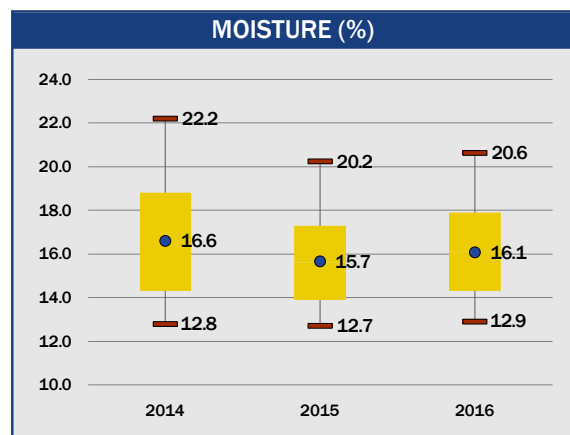
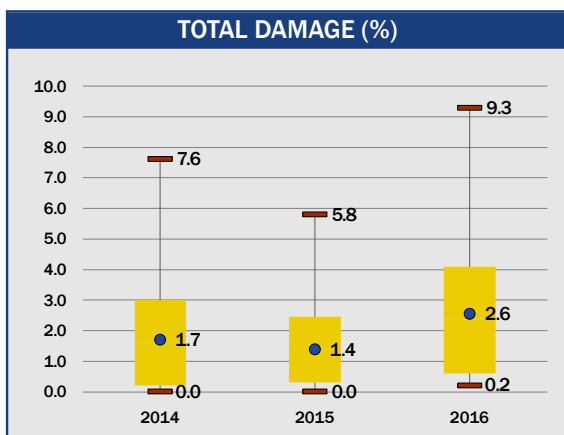
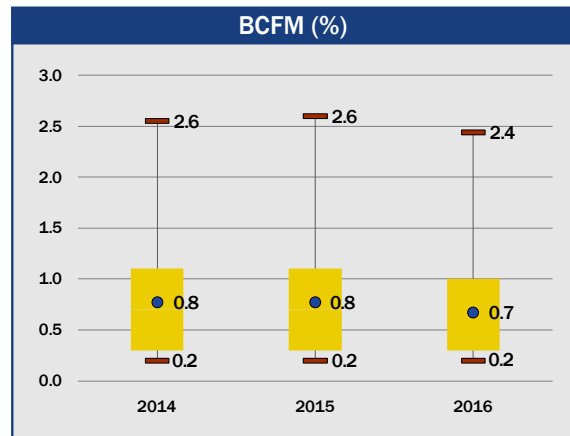
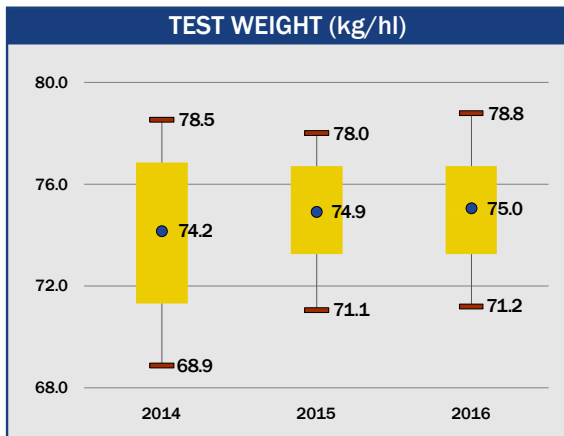
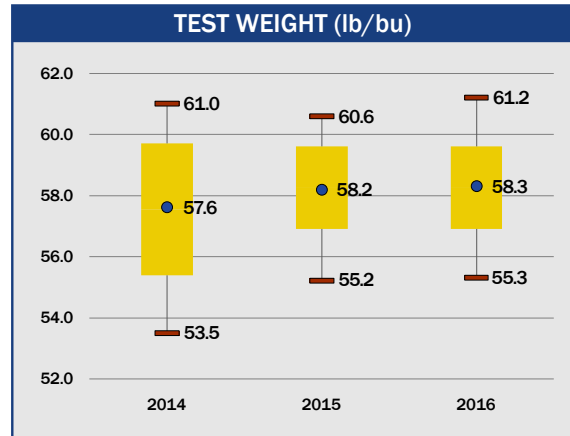
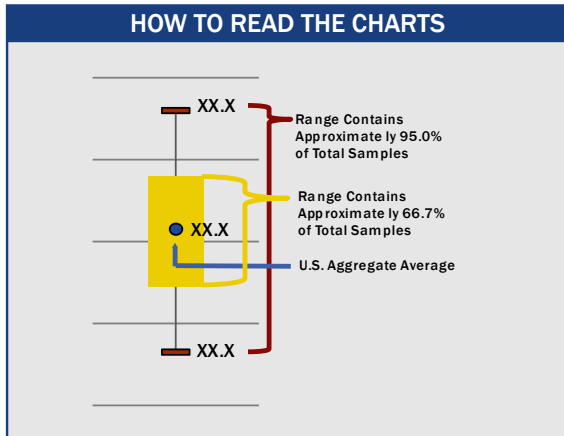
A. 等級ファクター

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。「米国産トウモロコシの等級および等

級要件」の表は本報告書の 70 ページに掲載しています。

まとめ：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 (58.3 lb/bu または 75.0 kg/hl) は 2015 年、2014 年および 5YA を上回っている。この値は No.1 等級トウモロコシの限界値を大幅に上回っている。
- 過去数年と同様、容積重の米国集計平均はいずれの ECA でも No.1 等級の下限値を上回っている。
- 破損粒 & 異物 (BCFM) の米国集計平均 (0.7%) は 2015 年、2014 年および 5YA を下回り、米国 No.1 等級の上限値を十分に下回っている。BCFM の値が低いということは、最初の取り扱い業者の手元に届くトウモロコシに必要なクリーニングが最低限ですみ、保管時に十分な通気を施すべきであることを示唆している。
- BCFM のレベルはトウモロコシのサンプルの大半 (99.2%) が No.2 等級に認められる上限値 3% 以下である。
- BCFM の平均はいずれの ECA でも同じ値 (0.7%) である。
- 米国集計破損粒平均 (0.5%) は過去数年および 5YA をわずかに下回っている。
- 異物の米国集計平均 (0.1%) は過去数年および 5YA をわずかに下回っている。
- 2016 年の総損傷率の米国集計平均は 2.6% で、2015 年、2014 年および 5YA を上回るが、それでも No.1 等級の限界値 (3%) は下回っている。サンプルのほぼ 72% が損傷率 3% 以下である。総損傷の標準偏差 (1.61%) および範囲 (0 ~ 23.1%) は過去数年を上回る。総損傷率が高いサンプルの割合は過去数年の割合を上回り、適切な乾燥、監視および通気が行われない場合には、保管リスクが上昇する可能性がある。
- 総損傷率は 2016 年、2015 年、2014 年および 5YA のいずれでも、米国北西部 ECA の値が最も低く、ガルフ ECA の総損傷率が 2016 年、2015 年、2014 年および 5YA で最も高い。
- 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 2015 年、2014 年および 5YA のいずれでも同じである。
- 2016 年の水分含量の米国集計平均 (16.1%) は 2015 年を上回り、2014 年を下回り、5YA と同じである。
- 2016 年の平均水分含量は南部鉄道網 ECA (15.7%) が米国北西部 ECA (15.9%) およびガルフ ECA (16.2%) を下回っている。
- 2016 年および 2015 年の水分含量の分布は、2015 年よりも 2016 年の方がより多くの乾燥が必要とされた可能性があることを示唆している。2015 年の水分含量 14% 以下のサンプルの割合が 19.8% であるのに対し、2016 年はわずか 12.5% である。



容積重

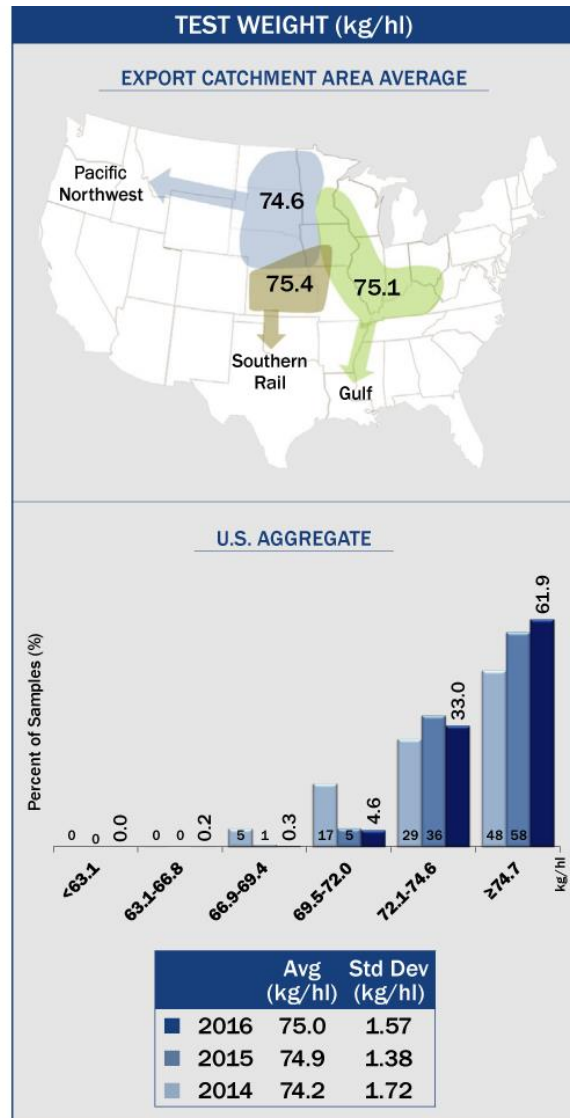
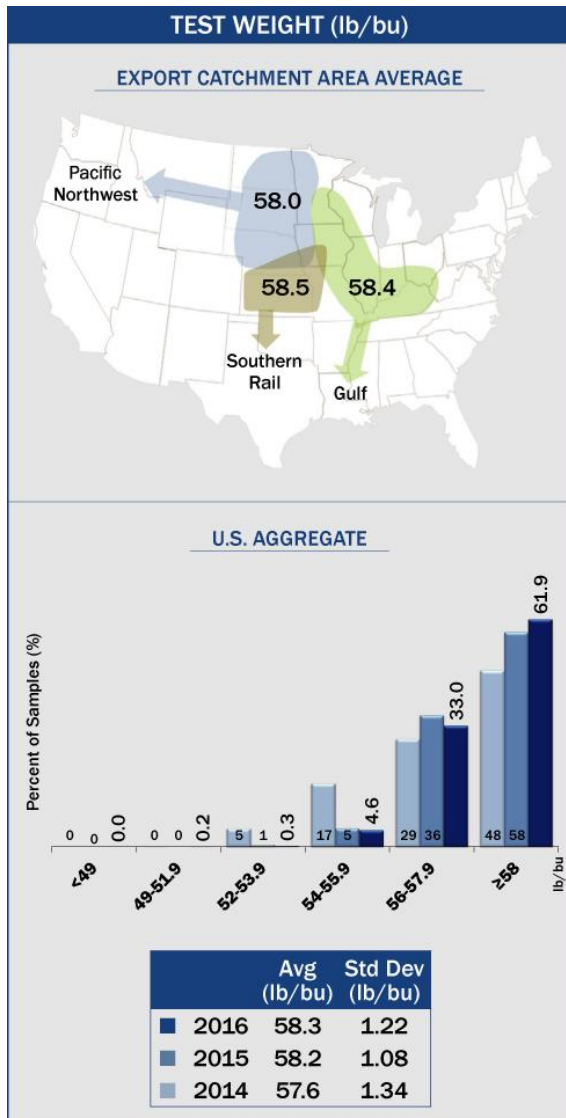
容積重（容積当たりの重量）はかさ密度を表すもので、全体的な品質を示す一般的な指標として、また、アルカリ処理やドライミリング処理する場合の胚乳の硬度を示す目安としてよく用いられます。容積重が高いトウモロコシは容積重が低い同じ重量のトウモロコシよりも少ないスペースで保管することができます。容積重は、最初に遺伝子による穀粒の構造の違いの影響を受けます。他にも、水分含量や乾燥方法、トウモロコシ粒の物理的損傷（破損粒

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、微生物被害からも影響を受けます。圃場から輸送されてきた地点でサンプルを採取し測定した場合、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があり、穀粒の硬さと成熟度を反映します。

結果

- 2016年の容積重の米国集計平均（58.3 lb/buまたは75.0 kg/hl）は2015年（58.2 lb/buまたは74.9 kg/hl）、2014年（57.6 lb/buまたは74.2 kg/hl）および5YA（58.1 lb/buまたは74.8 kg/hl）を上回っている。
- 2016年の容積重の米国集計平均はNo.1等級の下限値（56 lb/bu）を十分に上回っている。
- 2016年の容積重の米国集計の標準偏差（1.22 lb/bu）は2015年（1.08 lb/bu）を上回っているが、2014年（1.34 lb/bu）および5YA（1.34 lb/bu）を下回り、2015年よりはばらつきが大きい、2014年および5YAよりばらつきが小さいことを示している。
- 2016年の収穫時サンプルの値のばらつき幅（10.4 lb/bu）は2015年（8.1 lb/bu）を上回り、2014年（10.6 lb/bu）と同程度である。
- 2016年の容積重の分布をみると、サンプルの94.9%がNo.1等級ファクターの限界値（56 lb/bu）以上であり、対して2015年は94%、2014年は77%であった。2016年のトウモロコシのサンプルではNo.2等級の容積重の限界値（54 lb/bu）を上回っているのは99.5%で、2015年は99%、2014年は94%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（58.4 lb/bu）、南部鉄道網ECA（58.5 lb/bu）の平均容積重が高い。2016年、2015年、2014年および5YAのいずれでも、米国北西部ECAの容積重（58.0 lb/bu）が最も低い。
- 2016年の容積重が最も低いのは米国北西部ECAであるが、ガルフECA（1.24 lb/bu）および南部鉄道網ECA（1.22 lb/bu）と比較すると標準偏差の値が低く（1.19 lb/bu）、このことからばらつきが小さいことが示唆される。

米国等級 最小容積重
No. 1: 56.0 lbs
No. 2: 54.0 lbs
No. 3: 52.0 lbs





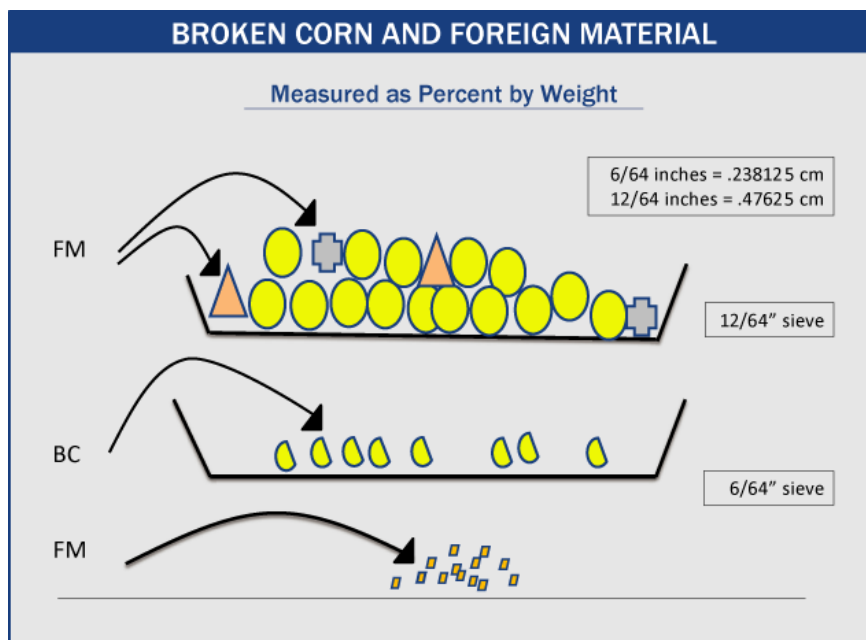
破損粒&異物 (BCFM)

破損粒&異物 (BCFM) の値は飼料や加工に用いることのできるクリーン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) 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。

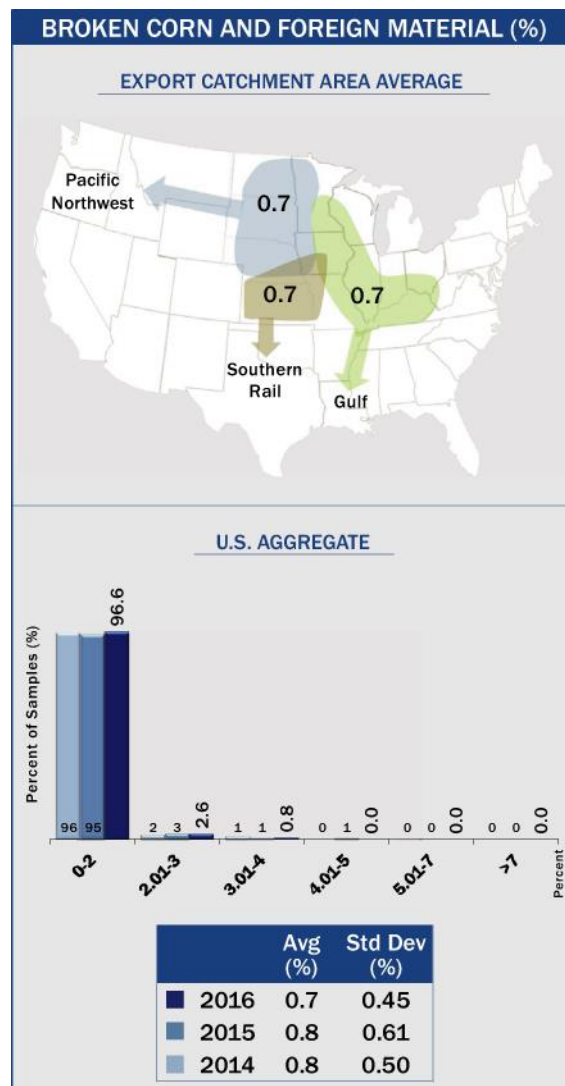
下図は米国産トウモロコシ等級で用いられる破損粒および異物を測定するための方法を示したものです。



結果

- 2016年の米国集計 BCFM 平均（0.7%）は2015年、2014年および5YA（いずれも0.8%）をわずかに下回り、米国 No.1 等級の上限値（2.0%）を十分下回っている。
- 標準偏差（2016年は0.45%、2015年は0.61%、2014年は0.50%および5YAは0.58%）から分かるように、2016年トウモロコシのBCFMのばらつきは過去数年および5YAをわずかに下回っている。
- 2016年のBCFMの最大値と最小値の幅（4.0%）は2015年（11.9%）および2014年（5.8%）を下回っている。
- 2016年のサンプルでは米国 No.1 等級のBCFMの最大値（2%）を下回っているのは96.6%で、対して2015年サンプルでは95%、2014年は96%である。サンプルのほぼすべて（99.2%）がNo.2等級のBCFMの上限値である3%以下である。
- いずれのECAでも2016年のBCFM平均値は同じ（0.7%）である。2015年のBCFM平均値の差はわずか0.1%にすぎず、2014年および5YAとの差はわずか0.2%である。

米国等級 BCFM 上限値	
No. 1:	2.0%
No. 2:	3.0%
No. 3:	4.0%





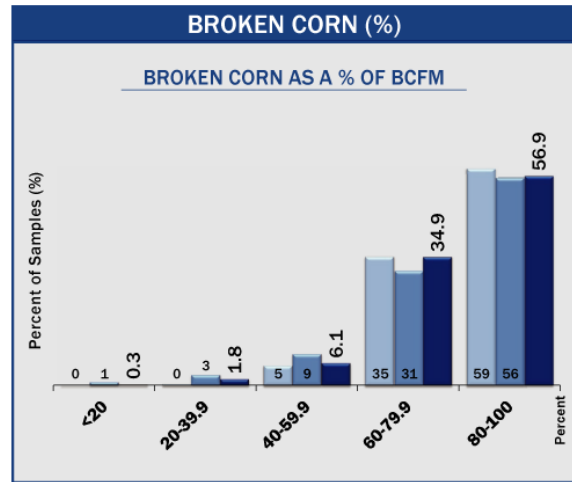
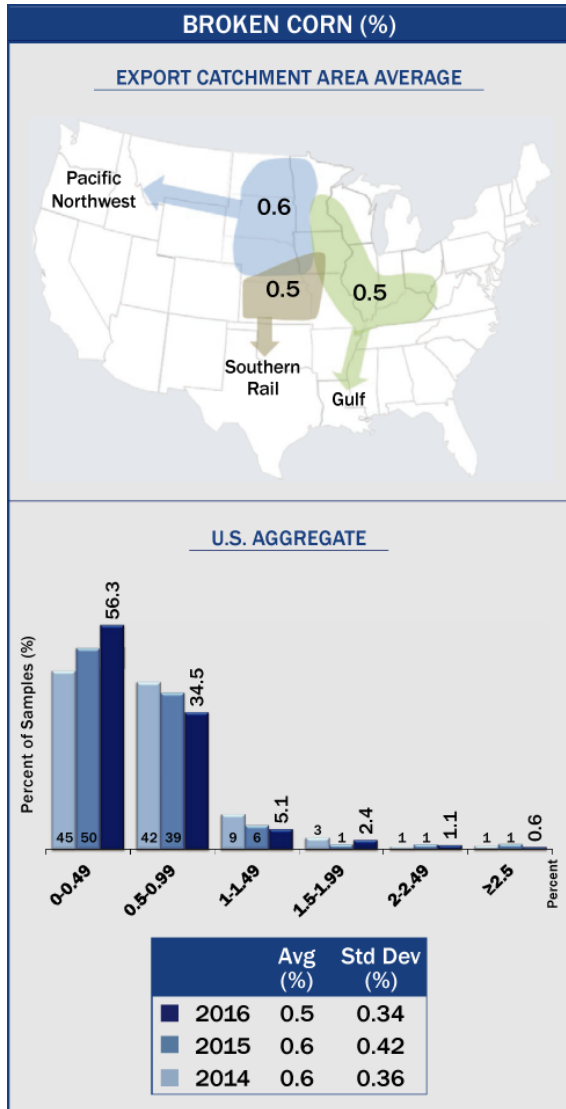
破損粒

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、取り扱い中や加工中に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することがない場合

には、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

- 2016年の米国集計サンプルでは破損粒平均は0.5%で、2015年と2014年（いずれも0.6%）および5YA（0.7%）をわずかに下回っている。
- 2016年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。2016年、2015年、2014年および5YAの標準偏差はそれぞれ0.34%、0.42%、0.36%および0.44%である。
- 2016年の破損粒の値のばらつきの幅（3.8%）は2015年（7.5%）よりも狭く、2014年（3.2%）よりわずかに広い。
- 2016年のサンプル分布では破損粒1.0%未満のものが90.8%となっており、対して2015年は89%、2014年は87%であった。2014年の1%未満のサンプルの割合がこのように低いのは、2014年に収穫したトウモロコシの水分含量が高かったためと考えられる。
- ガルフ ECA、米国北西部 ECA および南部鉄道網 ECA（それぞれ 0.5%、0.6%および 0.5%）間の破損粒の割合の差異はわずか 0.1%である。
- BCFM に占める破損粒の割合を示した次ページの分布図は、ほぼすべてのサンプルで BCFM が主として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。





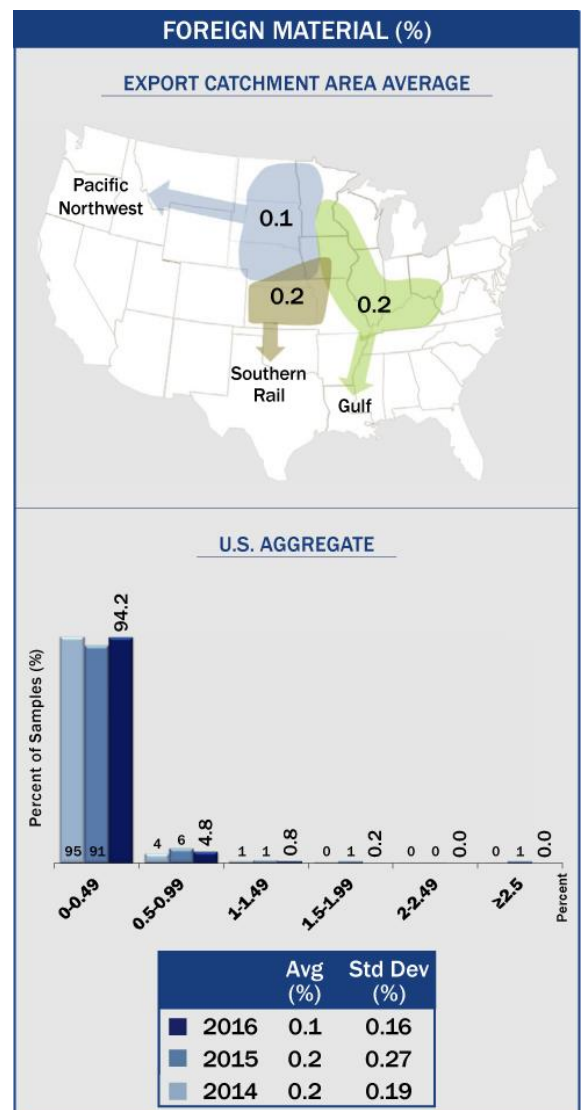
異物

異物は飼料や加工用としての価値を落とすことになるため重要視されます。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）スパウトラインに参与しています。水分含量が多いため破損粒よりも一層質の問題を引き起こす可能性が高くなります。

結果

- 2016年の米国集計サンプルの異物の割合は平均0.1%で、いずれも0.2%であった2015年、2014年および5YAを下回っている。コンバインは非常に小さな物質をほとんど除去するよう設計されており、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、2016年の米国集計サンプル（0.16%）は2015年（0.27%）、2014年（0.19%）および5YA（0.22%）を下回っている
- 2016年の異物の値のばらつき幅は0.0~1.6%で、これに対し2015年は0.0~4.5%、2014年は0.0~5.5%である。
- 2016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94.2%で、これに対して2015年は91%、2014年は95%である。
- いずれのECA地域でも、2016年、2015年、2014年および5YAの異物の値の平均は0.1%または0.2%である。



総損傷

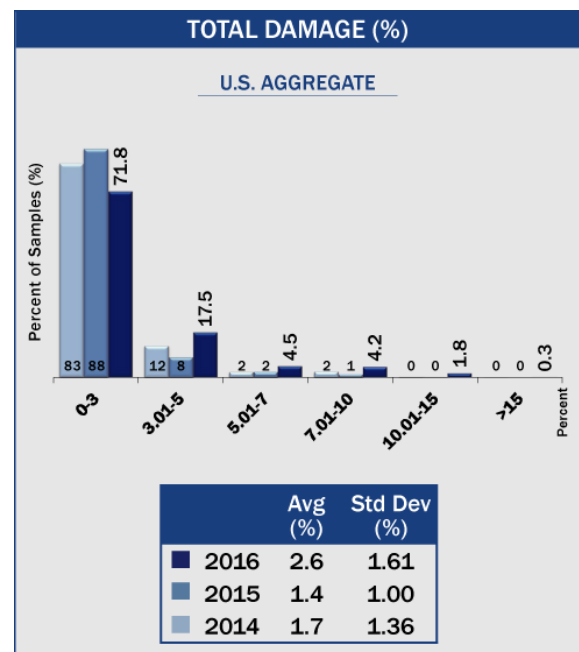
総損傷率とは、熱や霜、害虫、発芽、病害、天候、土壌、細菌、カビに起因する損傷を含め、どのようなかたちであれ、目視検出可能な被害や損傷のある穀粒とそのかけらの割合です。こうした種類の損傷の大半は一種の退色や穀粒の質感の変化を引き起こします。割れてかけらになっていること以外に外観上の異常が見られない穀粒のかけらは損傷粒に含めません。

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。

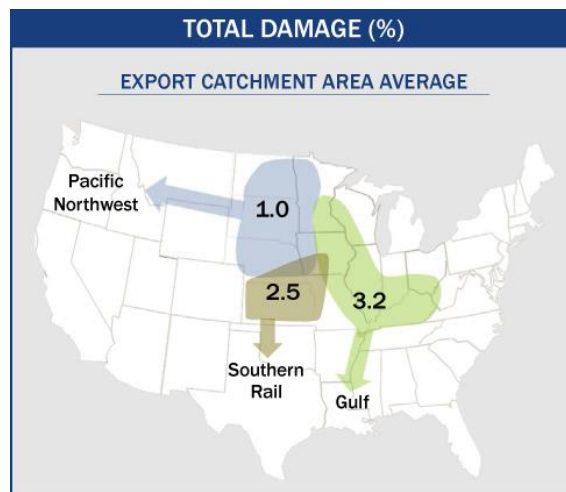
結果

- 2016年の米国集計の総損傷平均値（2.6%）は2015年（1.4%）、2014年（1.7%）および5YA（1.2%）を上回っている。ただし、2016年の総損傷平均値はNo.1等級の限界値（3%）を依然として下回っている。
- 標準偏差による2016年の総損傷値のばらつき（1.61%）は2015年（1.00%）、2014年（1.36%）および5YA（0.97%）を上回っている。
- 2016年の総損傷値のばらつき幅（0.0~23.1%）は2015年（0.0~13.2%）および2014年（0.0~17.3%）を上回っている。
- 2016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71.8%に過ぎず、5%以下のものは89.3%で、対して2015年はそれぞれ88%と96%であった。グラフからわかるように、総損傷が3%を上回るサンプルの割合が過去数年を上回っている。こうしたサンプルに適切な乾燥や通気が施されない場合には、更なる保管リスクが発生する恐れがある。



- ECA 別に総損傷平均値を見ると、ガルフ ECA が 3.2%、米国北西部 ECA が 1.0%、南部鉄道網 ECA が 2.5%で、2016 年、2015 年、2014 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。
- すべての ECA で総損傷の平均値が米国 No.2 等級の限界値（5.0%）を十分に下回っている。

米国等級総損傷 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。暖かく湿ったトウモロコシの中で活動する微生物、あるいは乾燥工程で加える高熱が熱損傷の原因に

なることがあります。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

- 2015 年、2014 年および 5YA 同様、2016 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ひとつとして、サンプルは圃場から直接エレベーターに輸送されており、輸送前に最低限の乾燥しか行われていなかったことが考えられる

米国等級熱損傷 上限値	
No. 1:	0.1%
No. 2:	0.2%
No. 3:	0.5%

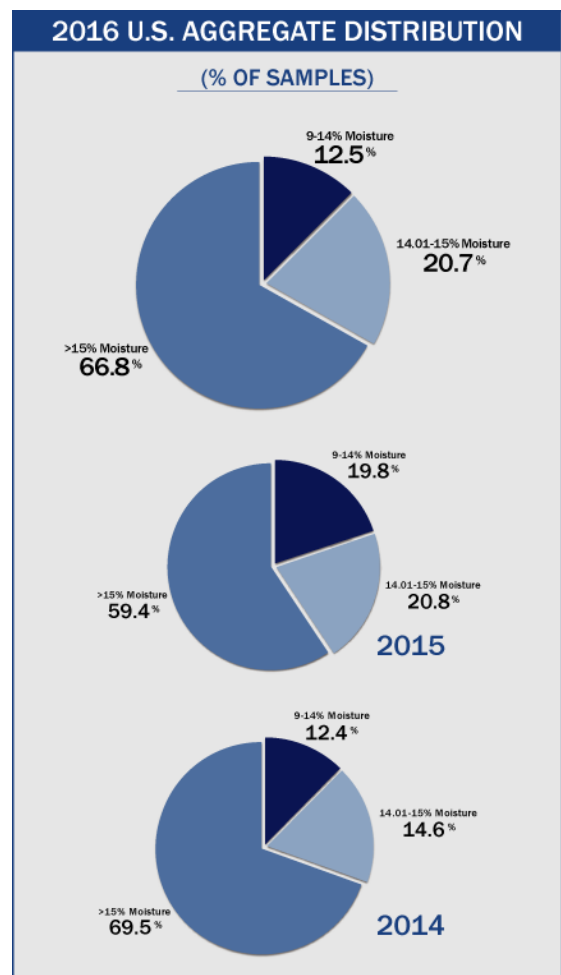
B. 水分含量

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、水分含量が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要視されます。水分含量は乾燥の必要性を示す指標でもあり、保管性に関係する可能性があります。また容積重にも影響を及ぼします。収穫時に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。

極端に水分が多く含まれるトウモロコシでは、後の保管および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。生育期間中の天候はトウモロコシの単収、穀粒の組成および成長に影響を及ぼし、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すること、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¹。

結果

- 2016年サンプル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16.1%で、2015年(15.7%)を上回り、2014年(16.6%)を下回り、5YA(16.1%)と同じである。
- 2016年米国集計水分含量の標準偏差(1.47%)は2015年(1.53%)、2014年(1.84%)および5YA(1.78%)を下回り、2016年のばらつきが過去数年よりも小さいことを示している。
- 2016年サンプルの水分含量のばらつき幅(11.2~23.7%)は2015年(11.0~23.5%)と同じであるが、2014年(10.9~29.9%)を下回っている。
- 2016年は水分含量15%以下のサンプルが33.1%を占めている²。15%というのは大半のエレベーターにおいてディスカウントの基礎として用いられ、冬季低温下の短期間の保管は安全であるとみなされるレベルである。2016年は2015年よりも水分含量が高いトウモロコシサンプルが多く、17%を上回る水分を含有するサンプルは28.4%で、対して2015年は19%、2014年は37%だった。2016年のこの分布は2015年よりも乾燥の必要性が高いが、2014年よりは低いことを示唆している。

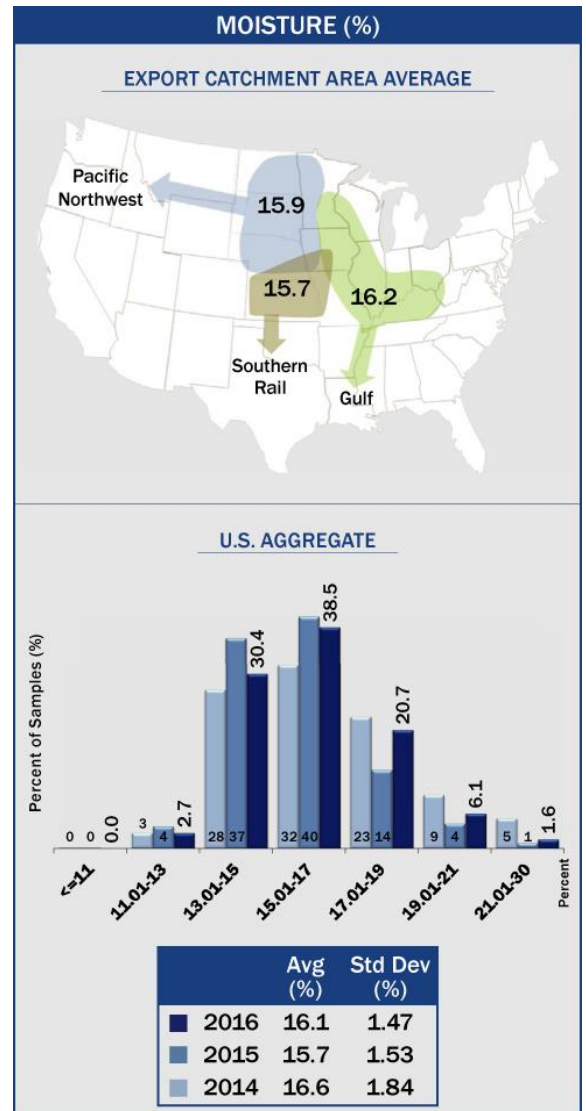


¹ MWPS-13. 1988. 「穀物の乾燥、取り扱いおよび保管についてのハンドブック」 Midwest Plan Service No. 13. アイオワ州立大学 Ames, IA 50011.

² 水分含量が15%以下のサンプルの割合は円グラフで33.2%、グラフでは33.1%となっている。この差は単なる丸め誤差である。



- 2015 年の 19.8%、2014 年の 12.4%に対し、2016 年のトウモロコシでは水分含量が 14%以下のものはサンプル全体の 12.5%である。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。
- ガルフ ECA から入手したトウモロコシの平均水分含量 (16.2%) は米国北西部 ECA (15.9%) および南部鉄道網 ECA (15.7%) を上回っている。
- 2016 年、2015 年、2014 年および 5YA のいずれでも、ガルフ ECA の平均水分含量はすべての ECA 地域の中で最も高いか同率 1 位である。気象条件および収穫条件の結果として、通常ガルフ ECA から入手したサンプルは他よりも高い水分含量となる。
- 2016 年の水分含量は 2015 年を上回り、総損傷率は過去数年を上回っているため、今後カビが発生しないよう監視し、水分レベルを低くするよう注意を払わなければならない。



まとめ: 等級ファクターと水分含量

	2016収穫					2015 収穫			2014収穫			5年平均 (2011-2015)		
	サンプル 数 ¹	平均	標準 偏差	最小	最大	サンプル 数 ¹	平均	標準偏 差	サンプル 数 ¹	平均	標準 偏差	平均	標準 偏差	
米国集計						米国集計			米国集計			米国集計		
容積重 (lb/bu)	624	58.3	1.22	51.5	61.9	620	58.2	1.08	629	57.6*	1.34	58.1	1.33	
容積重 (kg/hl)	624	75.0	1.57	66.3	79.7	620	74.9	1.38	629	74.2*	1.72	74.8	1.71	
BCFM (%)	624	0.7	0.45	0.0	4.0	620	0.8*	0.61	629	0.8*	0.50	0.8	0.58	
破損粒 (%)	624	0.5	0.34	0.0	3.8	620	0.6*	0.42	629	0.6*	0.36	0.7	0.44	
異物 (%)	624	0.1	0.16	0.0	1.6	620	0.2*	0.27	629	0.2*	0.19	0.2	0.22	
総損傷 (%)	624	2.6	1.61	0.0	23.1	620	1.4*	1.00	629	1.7*	1.36	1.2	0.97	
熱損傷 (%)	624	0.0	0.00	0.0	0.0	620	0.0	0.00	629	0.0	0.00	0.0	0.00	
水分含量 (%)	624	16.1	1.47	11.2	23.7	620	15.7*	1.53	629	16.6*	1.84	16.1	1.78	
ガルフ						ガルフ			ガルフ			ガルフ		
容積重 (lb/bu)	612	58.4	1.24	51.5	61.9	577	58.3	1.10	583	57.8*	1.34	58.3	1.33	
容積重 (kg/hl)	612	75.1	1.59	66.3	79.7	577	75.0	1.41	583	74.5*	1.73	75.0	1.71	
BCFM (%)	612	0.7	0.45	0.0	4.0	577	0.8*	0.63	583	0.8*	0.48	0.8	0.57	
破損粒 (%)	612	0.5	0.34	0.0	3.8	577	0.5	0.41	583	0.6*	0.37	0.6	0.43	
異物 (%)	612	0.2	0.17	0.0	1.6	577	0.2*	0.30	583	0.2	0.15	0.2	0.21	
総損傷 (%)	612	3.2	1.88	0.0	23.1	577	1.7*	1.17	583	2.2*	1.72	1.4	1.16	
熱損傷 (%)	612	0.0	0.00	0.0	0.0	577	0.00	0.00	583	0.0	0.00	0.0	0.00	
水分含量 (%)	612	16.2	1.48	11.2	23.7	577	15.7*	1.51	583	16.9*	1.93	16.4	1.86	
米国北西部						米国北西部			米国北西部			米国北西部		
容積重 (lb/bu)	301	58.0	1.19	52.2	61.9	329	57.9	1.02	262	56.6*	1.36	57.4	1.34	
容積重 (kg/hl)	301	74.6	1.53	67.2	79.7	329	74.6	1.31	262	72.9*	1.75	73.9	1.73	
BCFM (%)	301	0.7	0.45	0.1	3.1	329	0.8*	0.66	262	0.9*	0.62	1.0	0.66	
破損粒 (%)	301	0.6	0.35	0.1	2.6	329	0.6	0.48	262	0.6	0.38	0.7	0.48	
異物 (%)	301	0.1	0.13	0.0	1.6	329	0.2*	0.25	262	0.2*	0.31	0.2	0.25	
総損傷 (%)	301	1.0	0.75	0.0	14.0	329	0.5*	0.53	262	0.4*	0.39	0.5	0.46	
熱損傷 (%)	301	0.0	0.00	0.0	0.0	329	0.00	0.00	262	0.0	0.00	0.0	0.00	
水分含量 (%)	301	15.9	1.50	11.2	20.7	329	15.7*	1.55	262	16.1	1.75	15.3	1.62	
南部鉄道網						南部鉄道網			南部鉄道網			南部鉄道網		
容積重 (lb/bu)	395	58.5	1.22	54.5	61.9	402	58.4*	1.08	371	58.0*	1.30	58.4	1.30	
容積重 (kg/hl)	395	75.4	1.57	70.2	79.7	402	75.1*	1.38	371	74.7*	1.67	75.1	1.68	
BCFM (%)	395	0.7	0.43	0.1	3.1	402	0.7	0.46	371	0.7	0.45	0.9	0.55	
破損粒 (%)	395	0.5	0.31	0.1	2.5	402	0.5	0.32	371	0.5	0.31	0.7	0.41	
異物 (%)	395	0.2	0.16	0.0	1.6	402	0.2	0.20	371	0.2	0.20	0.2	0.20	
総損傷 (%)	395	2.5	1.78	0.0	23.1	402	1.5*	1.01	371	1.3*	1.00	1.1	0.85	
熱損傷 (%)	395	0.0	0.00	0.0	0.0	402	0.00	0.00	371	0.0	0.00	0.0	0.00	
水分含量 (%)	395	15.7	1.35	11.2	23.7	402	15.6	1.57	371	16.0*	1.54	15.5	1.60	

* 95%の有意水準の両側検定により、2015年の平均値は2016年と有意に異なり、2014年の平均値は2016年と有意に異なることを示す。

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



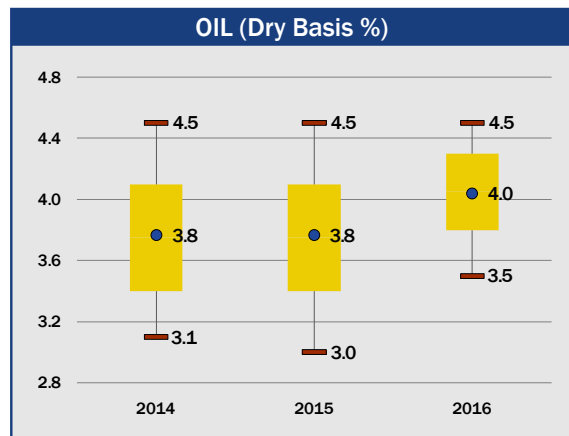
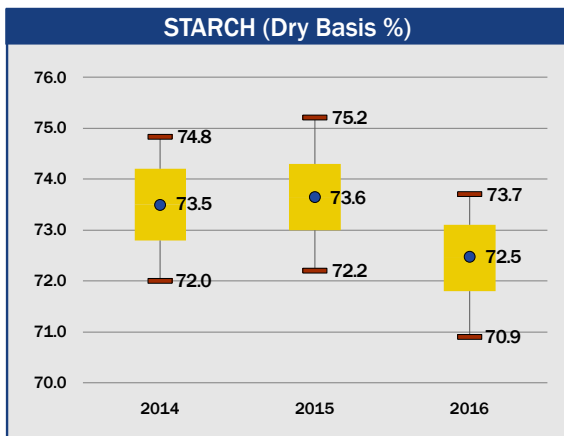
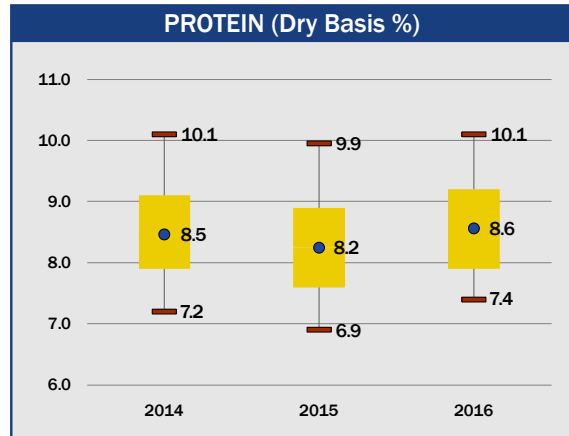
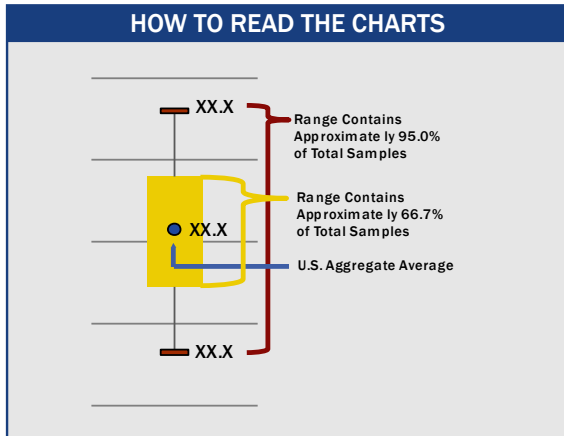
C.化学組成

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、家畜および家禽類用飼料の栄養価値や、

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ことは考えられません。

まとめ：化学組成

- 2016年の米国集計タンパク質含有率（乾物ベース8.6%）は2015年を上回り、2014年をわずかに上回るが、5YAを下回っている。
- 2016年、2015年、2014年および5YAのいずれでも、ガルフECAのタンパク質含有率は他のECAの値を下回っている。
- 2016年の米国集計デンプン質含有率平均値（乾物ベース72.5%）は2015年、2014年および5YAを下回っている。
- 2016年、2015年、2014年および5YAのいずれでも、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。
- 2016年の米国集計油分含有率平均値（乾物ベース4.0%）は2015年、2014年および5YAを上回っている。
- 2016年の化学組成のばらつきは過去2年および5YAより小さい（タンパク質、デンプンおよび油分の標準偏差の値が低いことに基づく）。



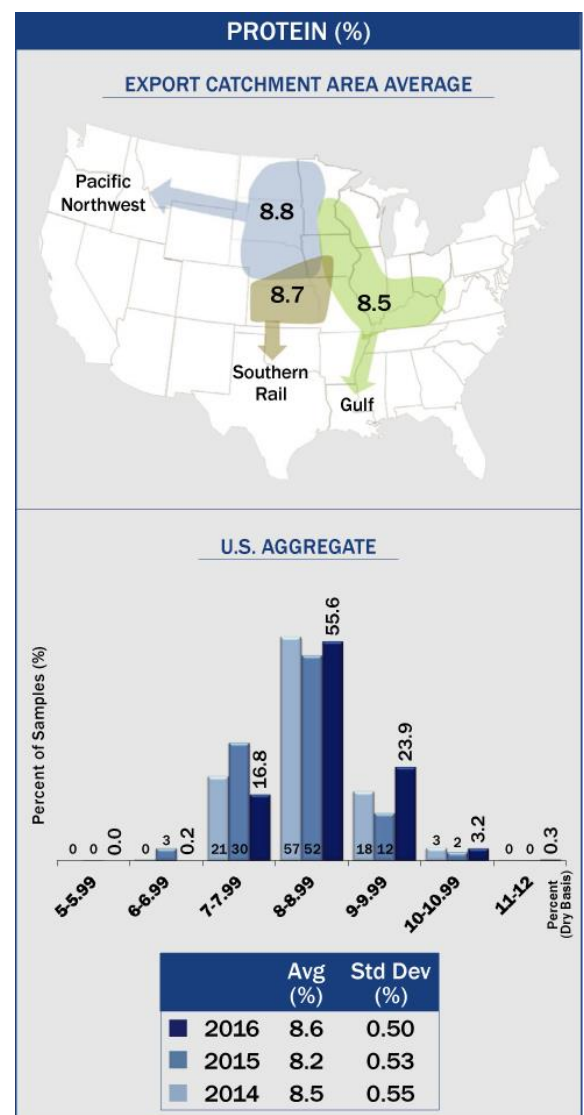
タンパク質

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り、収量の高い年には

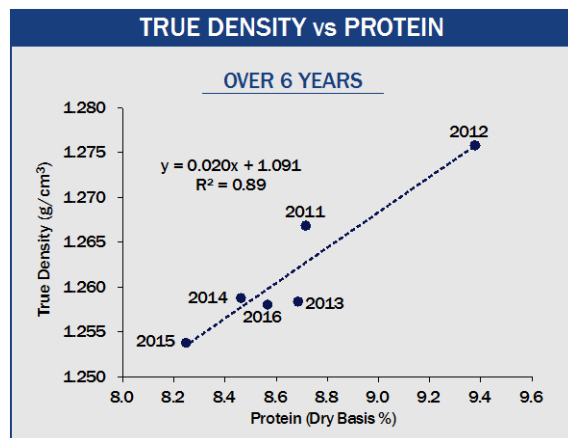
減少する傾向があります。タンパク質の含有率は通常デンプンの含有率と負の相関関係にあります。報告結果は乾物ベースの値です。

結果

- 2016年の米国集計タンパク質含有率平均は8.6%で、2015年（8.2%）および2014年（8.5%）を上回り、5YA（8.7%）を下回っている。
- 2016年の米国集計タンパク質含有率の標準偏差（0.50%）は2015年（0.53%）、2014年（0.55%）および5YA（0.60%）をわずかに下回っている。
- 2016年のタンパク質含有率のばらつき幅（6.8～11.7%）は2015年（5.6～11.3%）および2014年（6.4～11.3%）と同程度である。
- 2016年のタンパク質含有率の分布では、8.0%未満のものが17%、8.0%～8.99%のものが55.6%、9.0%以上のものが27.4%を占めている。2016年のタンパク質含有率分布は、2015年あるいは2014年よりもタンパク質含有率の低いサンプル数が少な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8.5%、8.8%、8.7%である。2016年、2015年、2014年、および5YAのいずれでもガルフECAのタンパク質の値が最も低い。



- 右の図に示すように、過去6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が上昇することが分かる（結果として相関係数は0.94）。真の密度が低い年はタンパク質含有率が低下し（2015年）、真の密度が高い年はタンパク質含有率が上昇する（2012年）。



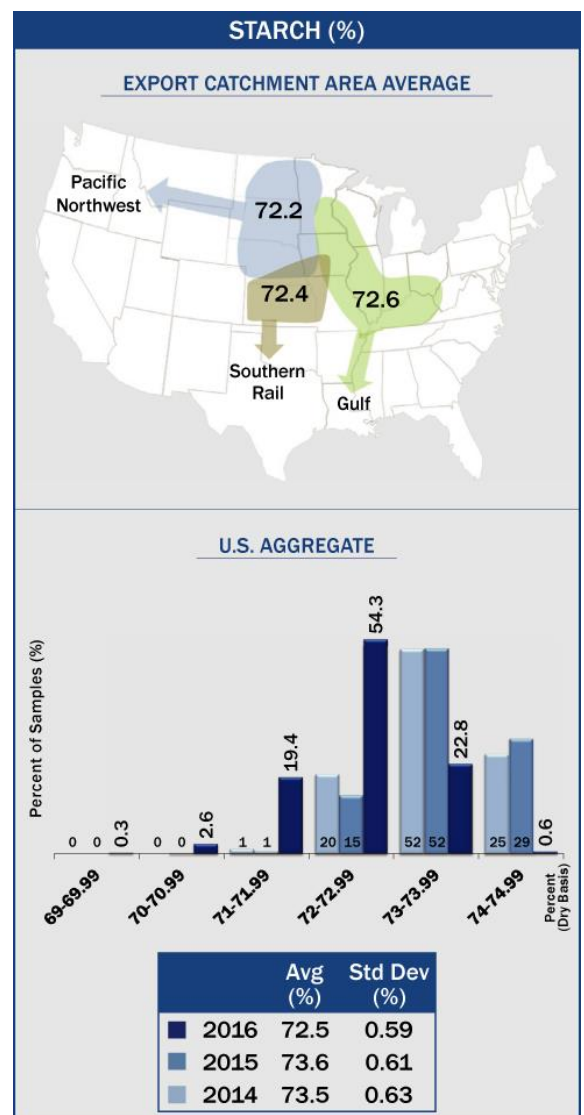
デンプン

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

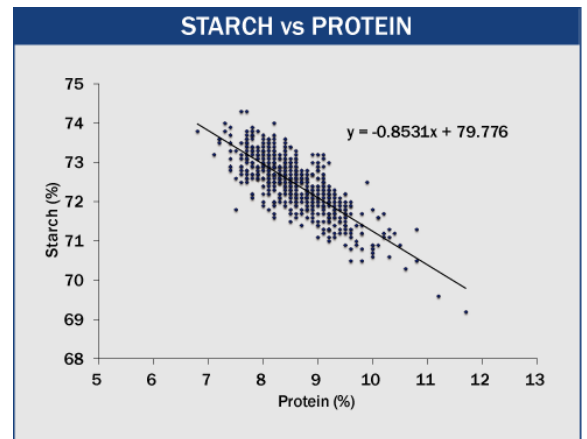
度も適度であることを示唆します。通常、デンプン含有率はタンパク質含有率と負の相関関係にあります。報告結果は乾物ベースの値です。

結果

- 2016年の米国集計デンプン含有率の平均(72.5%)は2015年(73.6%)、2014年(73.5%)および5YA(73.4%)を下回っている。
- 2016年の米国集計デンプン標準偏差の値(0.59%)は2015年(0.61%)、2014年(0.63%)、および5YA(0.64%)をわずかに下回っている。
- 2016年のデンプン含有率のばらつき幅(69.2~74.3%)は2015年(70.5~76.3%)および2014年(71.7~76.1%)と同程度である。
- 2016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22.3%を占め、72.0~72.99%のものが54.3%、73.0%以上のものが23.4%を占めている。この分布は2016年のサンプルは2015年および2014年よりもデンプン含有率が低いものが多いことを示している。2016年のデンプン含有率が低くなった理由のひとつは2016年のタンパク質含有率が高いことにあると考えられる。



- 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 72.6%、72.2%および 72.4%である。ガルフ ECA のデンプンの平均値は 2016 年、2015 年、2014 年および 5YA のいずれでも最も高い。従って、2016 年、2015 年、2014 年、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 (-0.79) があることが分かる。



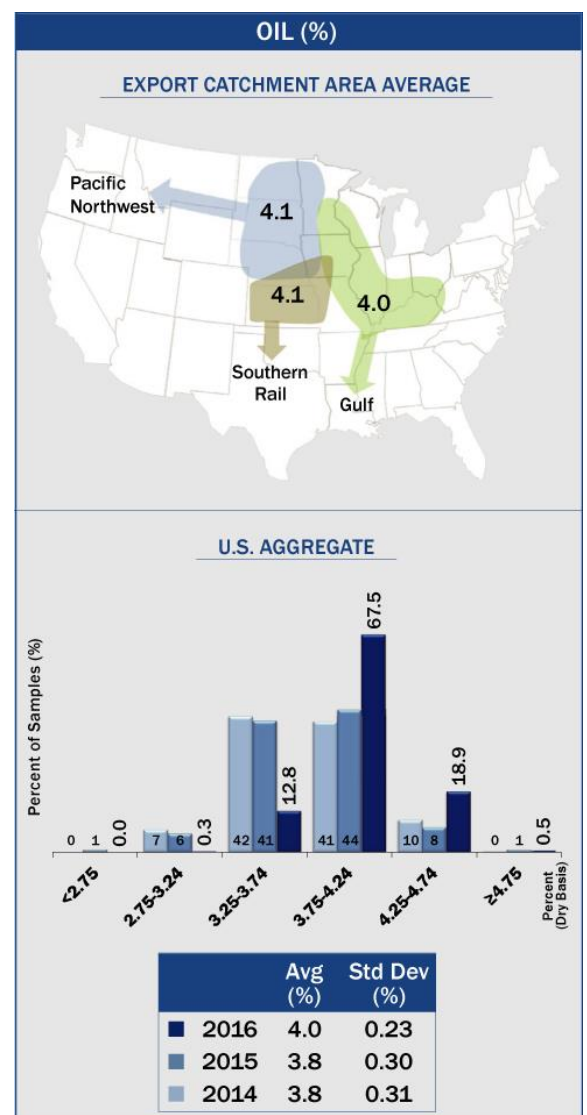
油分

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。

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

- 2016年の米国集計油分含有率の平均（4.0%）は2015年と2014年（いずれも3.8%）および5YA（3.7%）を上回っている。
- 2016年の米国集計油分含有率の標準偏差（0.23%）は2015年（0.30%）、2014年（0.31%）、および5YA（0.32%）を下回っている。
- 2016年の油分含有率のばらつき幅（3.2~4.9%）は2015年（2.5~5.4%）および2014年（2.8~5.0%）より狭い。
- 2016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13.1%を占め、3.75%~4.24%のものが67.5%、4.25%以上のものが19.4%を占めている。
- ガルフECA、米国北西部ECA および南部鉄道網ECAの油分含有率平均値はそれぞれ4.0%、4.1%、4.1%である。



まとめ: 化学的ファクター

	2016 収穫					2015 収穫			2014 収穫			5 年平均 (2011-2015)	
	サンプル 数 ¹	平均	標準偏 差	最小	最大	サンプル数 ¹	平均	標準偏 差	サンプル数 ¹	平均	標準偏 差	平均	標準偏差
米国集計						U.S. Aggregate			U.S. Aggregate			U.S. Aggregate	
タンパク質 (乾物ベース %)	624	8.6	0.50	6.8	11.7	620	8.2*	0.53	629	8.5*	0.55	8.7	0.60
デンプン (乾物ベース%)	624	72.5	0.59	69.2	74.3	620	73.6*	0.61	629	73.5*	0.63	73.4	0.64
油分(乾物ベース%)	624	4.0	0.23	3.2	4.9	620	3.8*	0.30	629	3.8*	0.31	3.7	0.32
ガルフ						Gulf			Gulf			Gulf	
タンパク質 (乾物ベース %)	612	8.5	0.48	6.8	11.7	577	8.1*	0.52	583	8.4*	0.55	8.6	0.60
デンプン (乾物ベース%)	612	72.6	0.59	69.2	74.3	577	73.7*	0.62	583	73.6*	0.64	73.5	0.65
油分(乾物ベース%)	612	4.0	0.24	3.2	4.9	577	3.8*	0.32	583	3.8*	0.32	3.8	0.33
米国北西部						Pacific Northwest			Pacific Northwest			Pacific Northwest	
タンパク質 (乾物ベース %)	301	8.8	0.55	7.3	11.7	329	8.7*	0.58	262	8.7	0.56	8.9	0.60
デンプン (乾物ベース%)	301	72.2	0.60	69.2	74.3	329	73.5*	0.60	262	73.4*	0.60	73.3	0.60
油分(乾物ベース%)	301	4.1	0.22	3.2	4.9	329	3.7*	0.28	262	3.6*	0.29	3.6	0.29
南部鉄道網						Southern Rail			Southern Rail			Southern Rail	
タンパク質 (乾物ベース %)	395	8.7	0.51	6.8	11.7	402	8.3*	0.48	371	8.6	0.57	8.9	0.62
デンプン (乾物ベース%)	395	72.4	0.59	69.2	74.3	402	73.5*	0.60	371	73.4*	0.60	73.2	0.63
油分(乾物ベース%)	395	4.1	0.23	3.2	4.9	402	3.8*	0.30	371	3.7*	0.28	3.7	0.32

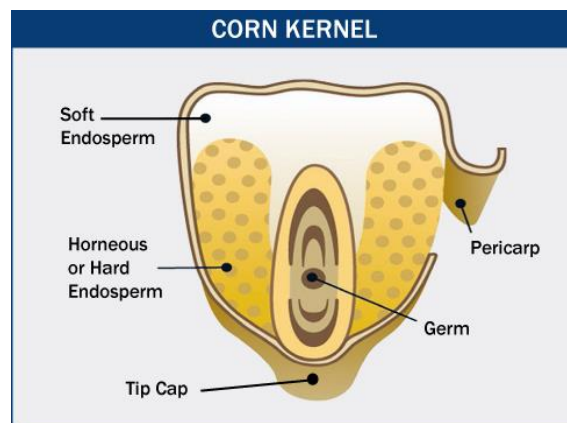
* 95%の有意水準の両側検定により、2015年の平均値は2016年と有意に異なり、2014年の平均値は2016年と有意に異なることを示す。

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

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せんが、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。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。

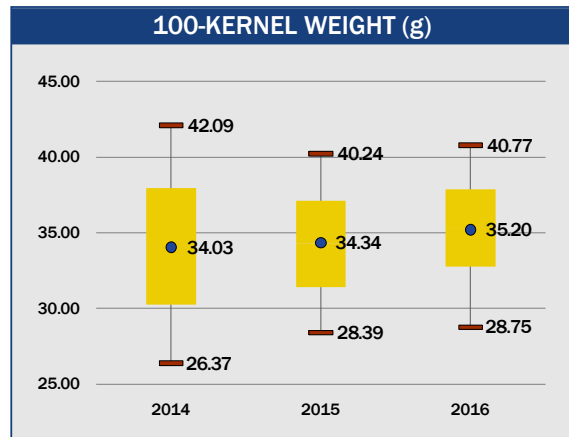
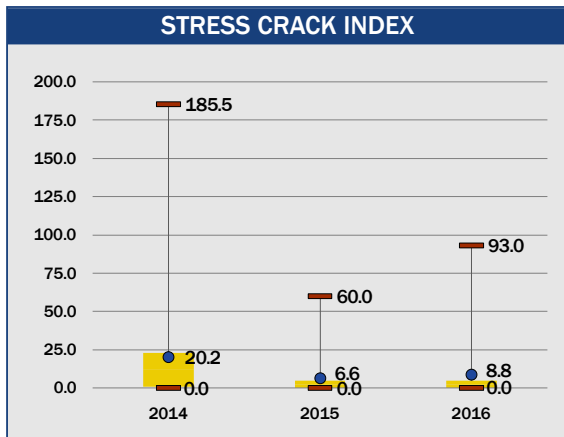
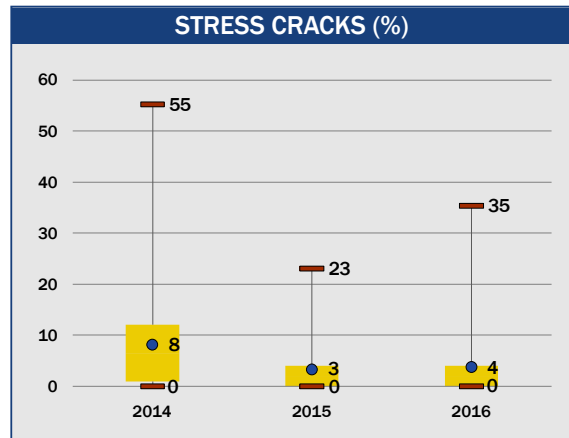
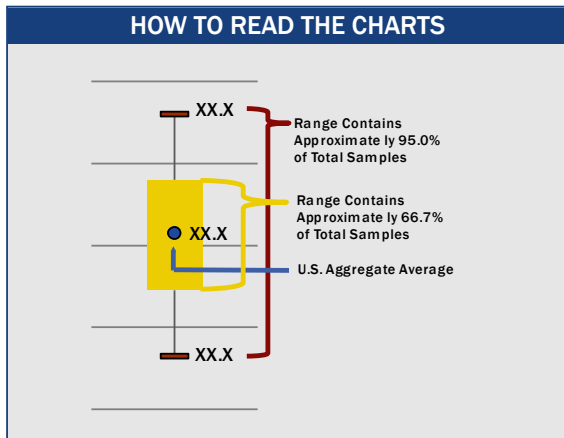


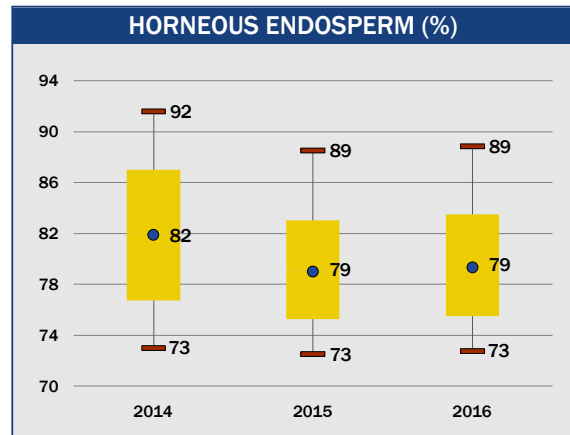
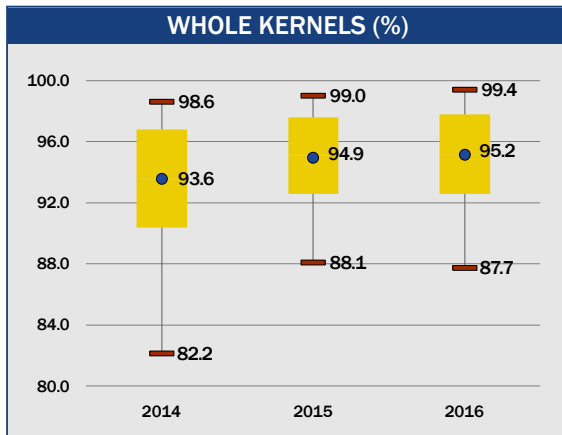
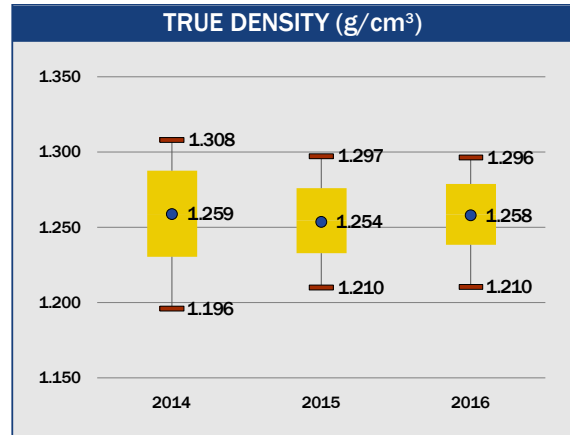
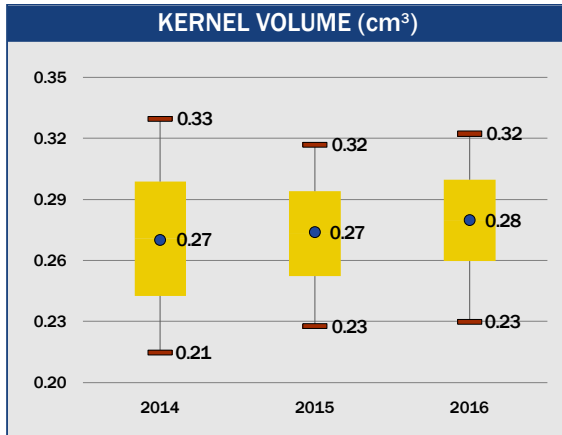
Source: Adapted from Corn Refiners Association, 2011



まとめ：物理的ファクター

- 米国集計平均のストレスクラック（4%）およびストレスクラック指標（SCI）（8.4）の値は2015年をわずかに上回るが、2014年および5YAを下回っており、トウモロコシの破損し易さが前年と同程度で、2014年および5YAを下回ることを示唆している。
- 3ECAの中では南部鉄道網 ECA の平均 SCI が2016年、2015年、2014年および5YAのいずれでも最も低い。南部鉄道網 ECA ではストレスクラックの平均値も2016年および5YAで最も低い。
- 2016年の米国集計の百粒重平均値(35.20 g)は2015年、2014年および5YAを上回っている。
- 2016年の米国集計穀粒容積平均値(0.28cm³)は2015年、2014年および5YAを上回っている。2016年は過去2年よりもサイズの大きな穀粒の割合が大きい。
- 2016年、2015年、2014年および5YAのいずれでも、米国北西部 ECA の穀粒容積および百粒重の平均値が3ECAの中で最も低い。
- 2016年の米国集計の真の穀粒密度平均値は1.258 g/cm³で、2015年を上回り、2014年とは同程度であるが、5YAを下回る。過去6年にわたり、真の密度はタンパク質含有率が高い年度に高くなる傾向が見られる。
- 2016年の1.275 g/cm³を上回る真の密度の穀粒分布は、2014年よりも2016年および2015年のトウモロコシの方がわずかに柔らかいことを示唆している。2016年、2015年、2014年および5YAのいずれでも、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。
- 2016年の米国集計の完全粒の平均値は95.2%で、2015年、2014年および5YAを上回っている。
- 2016年および2015年の完全粒の割合は2014年を上回っている。完全粒の割合が比較的高く、ストレスクラックの値が低いということは、2016年のトウモロコシは取り扱いが容易で破損が最小限であることを示唆している。
- 米国集計の硬胚乳の平均値（79%）は2015年と同じで、2014年および5YAを下回っている。硬胚乳率の分布は、2016年および2015年の軟胚乳のサンプルの割合が2014年を上回ることを示している。
- 硬胚乳と真の密度は同じ方向性で変動すると考えられ、2012年のように干ばつが発生する年は高い値となり、2016年や2015年のように単収が増加する年ではこれらの値は低くなる。







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トウモロコシの種皮(外皮)には損傷が見られず、ストレスクラックが存在していたとしても、一見するだけでは穀粒になんら問題はないように見えることがあります。

ストレスクラックの原因は穀粒の硬胚乳内の水分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。

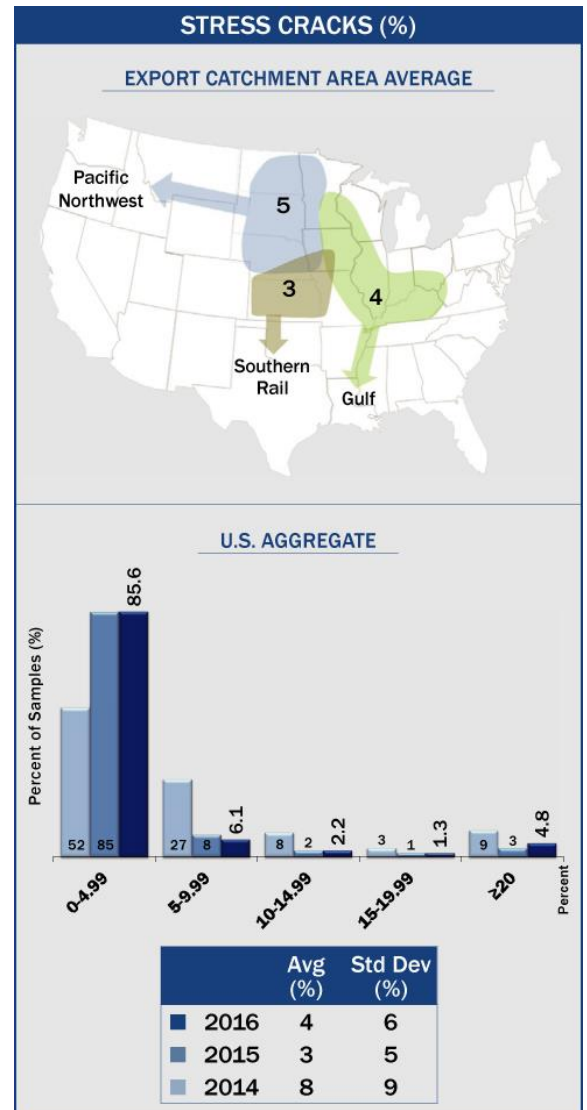
- 全般: 取り扱い中に破損しやすさが増す。このため、加工業者にとっては、洗浄処理中に除去しなければならない破損粒が増え、等級・価値が下がる可能性がある。
- ウェットミリング: デンプンとタンパク質とを分離させることがより困難になるため、デンプン収率が低下する。ストレスクラックによって浸漬の必要度も変わってくることもある。
- ドライミリング: 大型フレーキンググリッツ(多くのドライミリング業者の主製品)の収量が低下する。
- アルカリ処理: 不均一な水分吸収により過剰または不十分な加熱処理となり、これが処理のバランスに影響を及ぼす。

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、こうした要素は地域によって異なるストレスクラックの程度にも影響を与えます。例えば、降雨による作付け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。

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ストレスクラックの加重平均を示す「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(50x1)です。ところが、穀粒の半数に複数(2本超)のストレスクラックがある場合には、取り扱い中に破損が発生する可能性が高くなり、「ストレスクラック率」は50%のままであるのに対し、SCIは250(50x5)となります。「ストレスクラック率」もSCIも数値が低い方が望ましいのは同じです。ストレスクラック率が高い年度ではSCIの方が貴重な情報を提供してくれます。つまり、SCIの数値が高ければ(おそらく300から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、複数のストレスクラックがある場合の方が品質を大幅に低下させます。

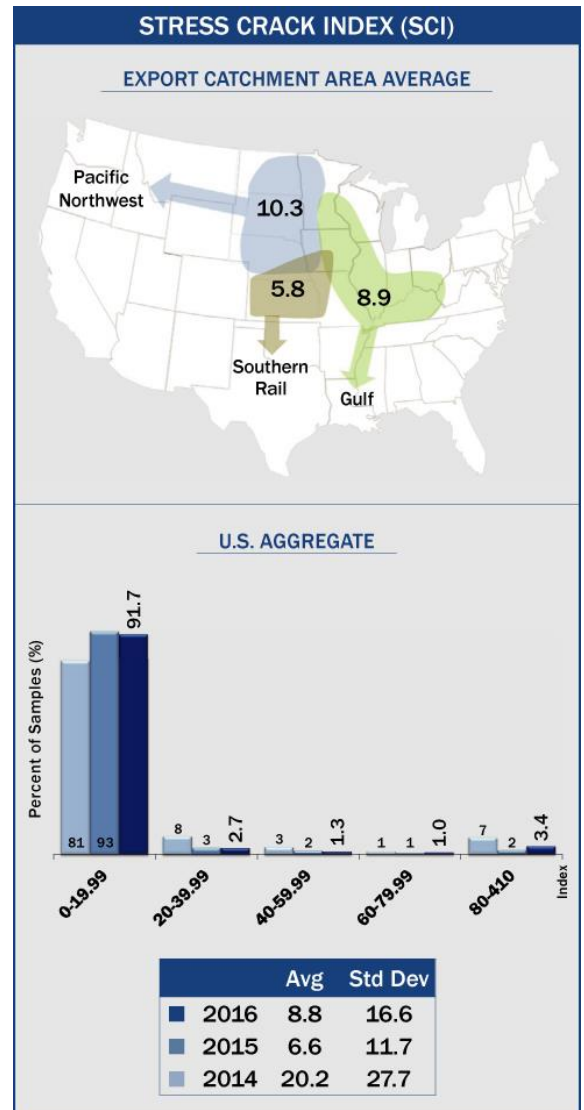
結果

- 2016年の米国集計のストレスクラック率は平均4%で、2015年（3%）を上回るが、2014（8%）および5YA（5%）を下回っている。
- 2016年の米国集計ストレスクラック率の標準偏差（6%）は2015年（5%）を上回り、2014年（9%）を下回り、5YA（6%）と同じである。
- 2016年のストレスクラック率のばらつき幅は0～84%で、対して2015年は0～75%、2014年は0～100%である。
- 2016年のストレスクラック率10%未満のサンプルの割合は高く（91.7%）、2015年（93%）と同程度で、2014年（79%）を上回っている。また、2016年のストレスクラック率20%超のサンプルの割合は4.8%で、2015年（3%）と同程度であるが、2014年（9%）を下回っている。
- ストレスクラック率の分布は、2016年トウモロコシの破損し易さが2015年と同程度であることを示している。
- 2016年のストレスクラック率の平均はガルフECA、米国北西部ECAおよび南部鉄道網ECAの値がそれぞれ4%、5%、3%である。2016年、2015年、2014年および5YAのいずれでも、3ECAの中で南部鉄道網ECAのストレスクラック率が最も低いか、同率1位である。





- 2016 年米国集計 SCI の平均値は 8.8 で、2015 年 (6.6) を上回っているが、2014 年 (20.2) および 5YA (12.7) を下回っている。
- 2016 年の米国集計 SCI のばらつき (標準偏差 16.6) は 2015 年 (11.7) を上回り、2014 年 (27.7)、および 5YA (18.9) を下回っている。
- 2016 年の SCI のばらつきの幅は 0~268 で、2015 年 (0~180) を上回り、2014 年 (0~410) を下回っている。
- 2016 年のサンプル中、SCI が 40 未満のものは 94.4% で、2015 年 (96%) とほぼ同じで、2014 年 (89%) を上回っている。2016 年のサンプルで SCI が 80 を超えるものはわずか 3.4% であるのに対し、2015 年は 2%、2014 年では 7% であった。
- 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 8.9、10.3 および 5.8 である。
- 2016 年、2015 年、2014 年および 5YA のいずれでも、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が非常にしやすいことに関係があると考えられる。
- ほぼ 75% の良いからとても良いの生育状況に恵まれたトウモロコシの割合が非常に大きかった 2016 年は、成熟および登熟が良好で、早期収穫状況および圃場乾燥条件に恵まれていた。このことが多雨の年と比較して人工的な乾燥の必要性を低減し、2016 年の比較的低いストレスクラック率および SCI の値に結び付いている。



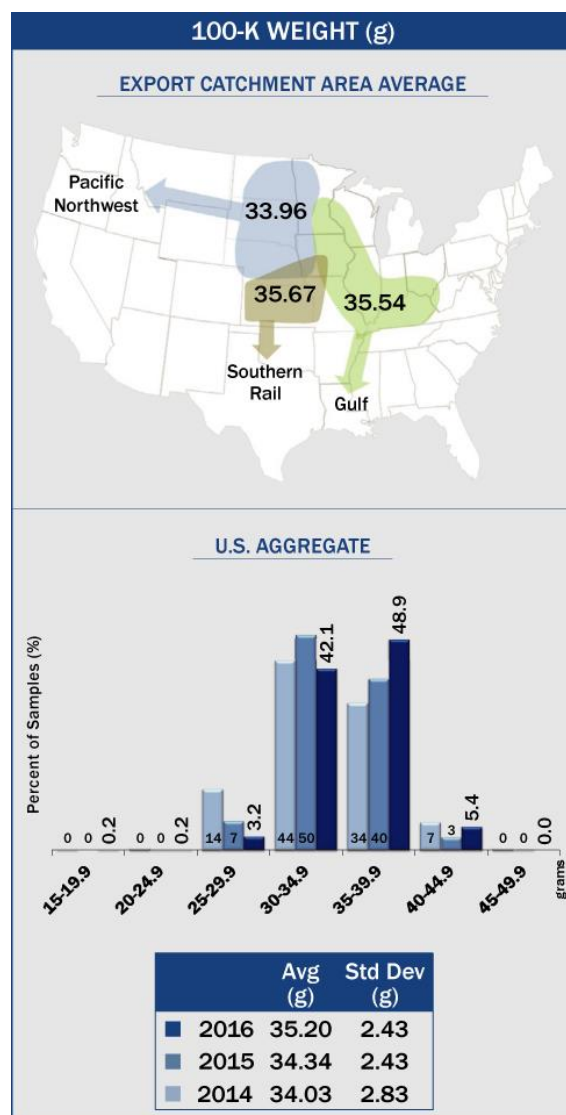
百粒重

百粒（100-k）の重量（グラム表示）をみると、百粒重の値が増加するに従って穀粒のサイズが大きくなるのがわかります。穀粒の大きさは乾燥速度に影響を及ぼします。穀粒のサイズが大きくなると表面積に対する体積の比率が高くなり、この比率が高くなると乾燥速度が遅くなります。さらに、多く

の場合、大きく均一なサイズの穀粒はドライミリングでのフレーキンググリッツ収量の向上に貢献します。硬胚乳の量が多いトウモロコシのスペシャルティ品種では穀粒の重量は高くなる傾向があります。

結果

- 2016年の米国集計サンプルの百粒重平均値は35.20gで、2015年（34.34g）、2014年（34.03g）および5YA（33.89g）を上回っている。
- 2016年の米国集計の百粒重のばらつき（標準偏差2.43g）は2015年と同じで、2014年（2.83g）および5YA（2.71g）を下回っている。
- 2016年の百粒重のばらつきの幅（18.91～44.17g）は2015年（24.90～45.64g）を上回り、2014年（19.70～46.30g）と同程度である。
- 2016年の百粒重の分布をみると、35g以上のものが54.3%で、これに対し2015年は43%、2014年は41%である。この分布は過去2年よりも2016年のほうがサイズの大きな穀粒の割合が大きいことを示している。
- 米国北西部 ECA の平均百粒重が最も軽く（33.96g）これに対しガルフ ECA は35.54g、南部鉄道網 ECA は35.67gである。2015年、2014年、および5YAのいずれでも、米国北西部 ECA の百粒重が最も軽い。



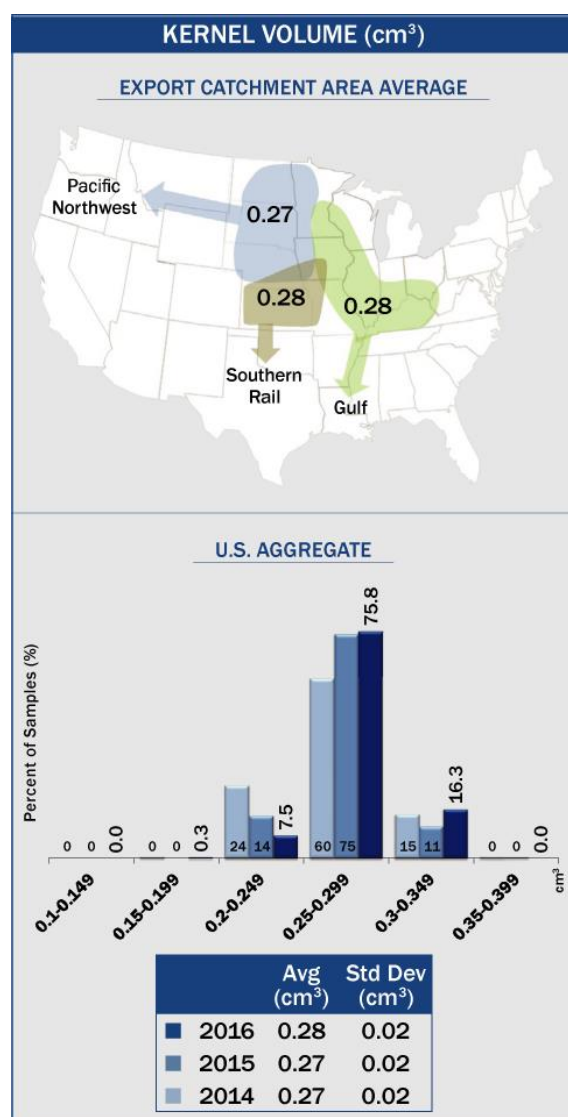
穀粒容積

cm³ 単位で表示される穀粒容積は生育状況の指標となることによくあります。乾燥した条件下では穀粒の体積は平均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

- 2016年の米国集計の穀粒容積の平均値は 0.28 cm³ で、2015年、2014年および5YAの0.27 cm³ を上回っている。
- いずれの年度でも穀粒容積のばらつきに変化はない。米国集計穀粒容積の標準偏差は2016年、2015年、2014年および5YAのいずれでも0.02 cm³ である。
- 2016年の穀粒容積の幅 (0.18 cm³) は2015年 (0.15 cm³) を上回り、2014年 (0.20 cm³) をわずかに下回っている。
- 2016年の穀粒容積の分布では、穀粒容積が0.25 cm³ 以上のものが92.1%を占め、これに対し2015年は86%、2014年は75%である。この分布は2016年のサイズの大きな穀粒の割合が過去2年を上回っていることを示している。
- ガルフ ECA、米国北西部 ECA および南部鉄道網 ECA の穀粒容積の平均はそれぞれ 0.28 cm³、0.27 cm³ および 0.28 cm³ である。2016年、2015年、2014年および5YAのいずれでも、米国北西部 ECA の穀粒容積平均が他の2つの ECA を下回っている。



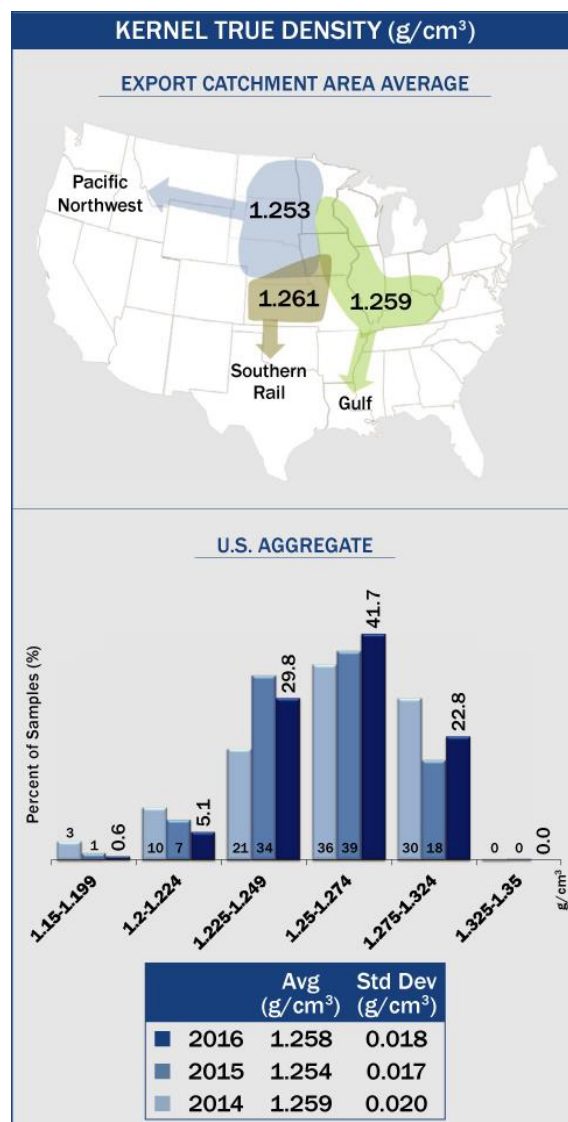
真の穀粒密度

真の穀粒密度は百粒のサンプルの重量を同じ百粒の容積、すなわち百粒で置き換えられる容積で除して求め、1立方センチメートル当たりのグラム数 (g/cm^3) 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、アルカリ処理および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

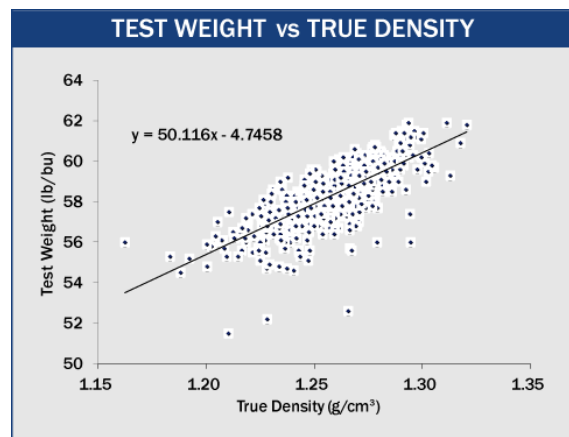
低いトウモロコシよりも取り扱い中に破損が発生し難いものの、高温乾燥が用いられるとストレスクラックを発生させるリスクが上昇します。真の密度が $1.30 \text{ g}/\text{cm}^3$ を超えると、通常ドライミリングやアルカリ処理に適した非常に硬質なトウモロコシであることが示唆されます。真の密度が $1.275 \text{ g}/\text{cm}^3$ 程度、あるいはそれを下回る場合には、トウモロコシは柔らかくなり、ウェットミリングや飼料原材料用の加工が容易になります。

結果

- 2016年の米国集計の真の穀粒密度の平均値 ($1.258 \text{ g}/\text{cm}^3$) で、2015年 ($1.254 \text{ g}/\text{cm}^3$) を上回り、2014年 ($1.259 \text{ g}/\text{cm}^3$) および5YA ($1.263 \text{ g}/\text{cm}^3$) を下回っている。
- 2016年の標準偏差に基づく真の密度のばらつき ($0.018 \text{ g}/\text{cm}^3$) は2015年 ($0.017 \text{ g}/\text{cm}^3$) を上回っているが、2014年 ($0.020 \text{ g}/\text{cm}^3$) および5YA ($0.019 \text{ g}/\text{cm}^3$) を下回っている。
- 2016年の真の密度のばらつきの幅は $1.162 \sim 1.320 \text{ g}/\text{cm}^3$ で、2015年は $1.166 \sim 1.327 \text{ g}/\text{cm}^3$ 、2014年は $1.160 \sim 1.340 \text{ g}/\text{cm}^3$ である。
- 2016年の真の密度の分布では、 $1.275 \text{ g}/\text{cm}^3$ 以上のものは約23%で、これに対し2015年は18%、2014年は30%である。多くの場合、 $1.275 \text{ g}/\text{cm}^3$ を超える値は硬いトウモロコシ、これを下回るものは通常柔らかいトウモロコシであるとみなされることが多いため、この穀粒分布は2016年と2015年のトウモロコシが2014年のトウモロコシよりもわずかに柔らかいことを示唆している。
- 2016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 $1.259 \text{ g}/\text{cm}^3$ 、 $1.253 \text{ g}/\text{cm}^3$ および $1.261 \text{ g}/\text{cm}^3$ である。2016年、2015年、2014年および5YAのいずれでも、米国北西部 ECA の真の密度および容積重の平均値が他の ECA 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クォートの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0.75)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。2016年の容積重は58.3 lb/buで、2015年の58.2 lb/buと同程度で、2014年の57.6 lb/buを上回っている。



完全粒

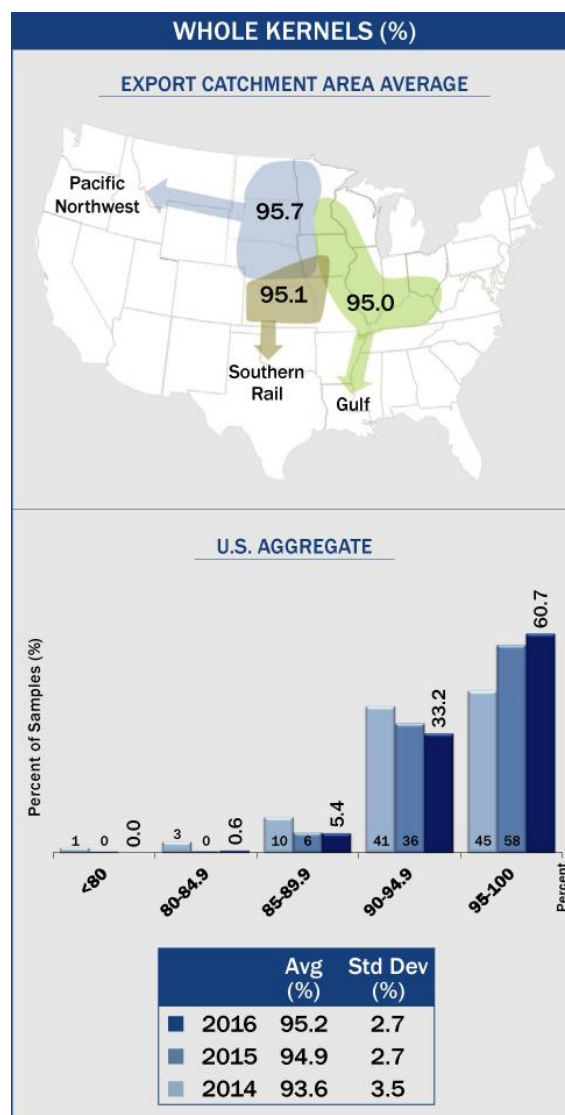
その名称から、完全粒とBCFMとの間に何らかの負の相関関係があるかのように思われますが、完全粒試験はBCFM試験による破損粒の割合とは異なる情報を提供するものです。破損粒は物質のサイズだけで決まります。完全粒というのはその名が示すように、サンプルに含まれる完全に無傷で、種皮に損傷がなく、欠損のない穀粒のことで、値はパーセントで示されます。

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、水分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。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は、契約によってプレミアムを支払う企業さえあります。

第二に、無傷の完全粒には保管中にカビが発生しにくく取り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と取り扱いです。この要素はコンバインの適切な調整に始まり、これに続く、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繰り返される取り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。その後の取り扱いのひとつひとつがさらなる破損につながることであります。通常、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トウモロコシの種皮損傷が起こりやすくなります。

結果

- 2016年の米国集計トウモロコシの完全粒平均値は95.2%で、2015年(94.9%)、2014年(93.6%)および5YA(93.8%)を上回っている。
- 完全粒の標準偏差(2.7%)は2015年と同じであるが、2014年(3.5%)および5YA(3.4%)を下回っている。
- 2016年の完全粒のばらつき幅(19.4%)は2015年(21.4%)および2014年(36.2%)を下回っている。
- 2016年のサンプル中、完全粒が90%以上のものが93.9%を占め、これに対し2015年は94%、2014年は86%であった。この分布は2016年と2015年両年のサンプル中に占める完全粒の割合が2014年を上回っていることを示している。
- ガルフ ECA、米国北西部 ECA および南部鉄道網 ECA の完全粒の平均値はそれぞれ 95.0%、95.7% および 95.1% である



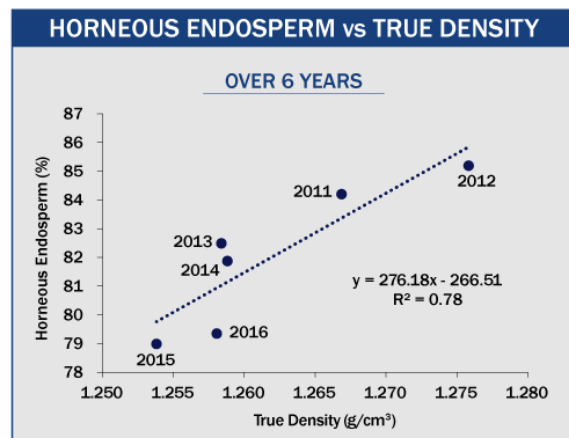
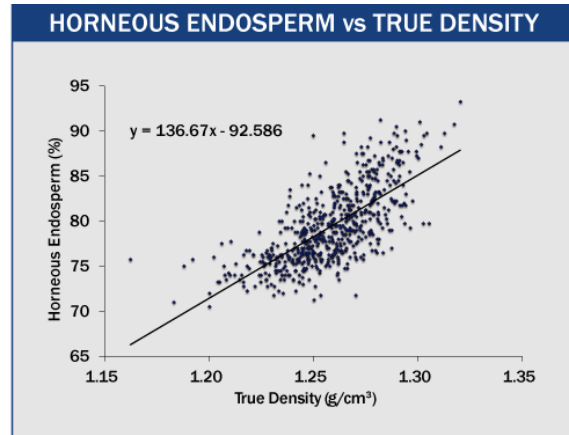
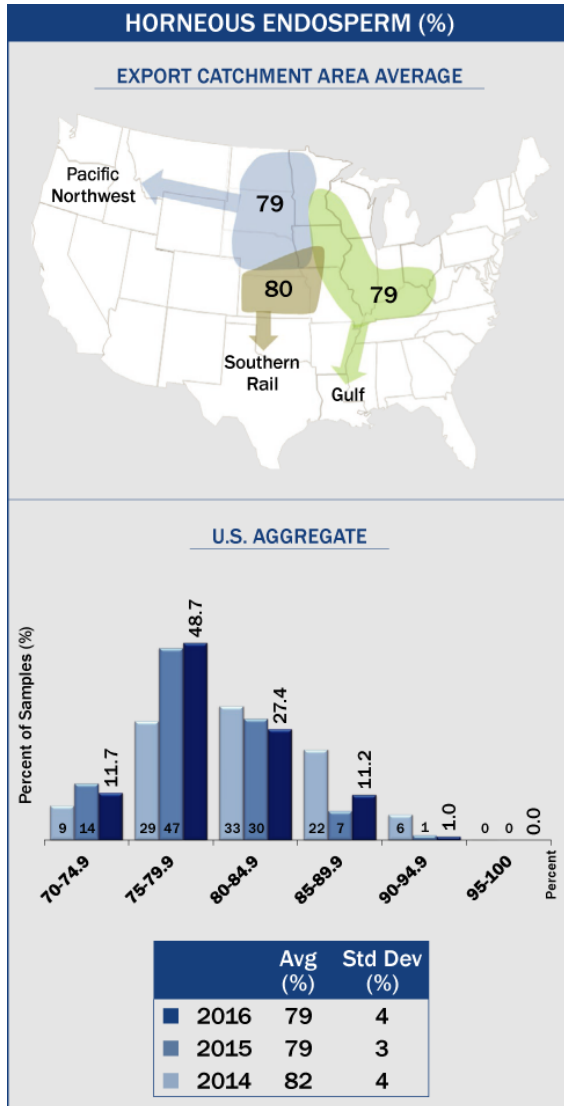
硬胚乳

硬胚乳試験では穀粒の全胚乳中に硬胚乳が占める割合を測定しますが、この値は通常 70~100%の間となります。軟胚乳と比較して硬胚乳の量が多いほどトウモロコシ粒は硬くなると言われています。加工の種類によって硬さの程度が重要になってきます。ドライミリングで加工される大型フレーキンググリッツの収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程度から中の高程度の硬さのトウモロコシが求められ、ウェットミリングや家畜飼料には軟質から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、飼料利用性や飼料効率、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存在するにすぎません。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 90%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

- 2016 年の米国集計硬胚乳率の平均 (79%) は 2015 年と同じで、2014 年 (82%) および 5YA (83%) を下回っている。
- 米国集計の硬胚乳率標準偏差は 4%で、2015 年 (3%) を上回っているが、2014 年および 5YA (いずれも 4%) と同じである。
- 2016 年の硬胚乳率のばらつき幅 (71~93%) は 2015 年 (71~95%) および 2014 年 (71~97%) をわずかに下回っている。
- 2016 年のサンプル中、硬胚乳率が 80%未満のものは 60.4%で、2015 年 (61%) と同程度で、2014 年 (38%) を大幅に上回っている。この分布は 2016 年および 2015 年の軟胚乳のトウモロコシのサンプルの割合が 2014 年を上回っていることを示している。
- 硬胚乳率の平均はガルフ ECA、米国北西部 ECA および南部鉄道網 ECA の 3 地域のいずれもほぼ同じで、それぞれ 79%、79%および 80%となっている。
- 次ページの図が示すように、2016 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 0.70) がある。
- 2 番目の図は過去 6 年の米国集計の硬胚乳率および真の密度の平均値を示したものである。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 (相関係数 0.88)、従って、真の密度の平均値が高い年に硬胚乳率が増加する傾向がある。





まとめ: 物理的ファクター

	2016年収穫					2015年収穫			2014年収穫			5年平均 (2011-2015)	
	サンプル 数 ¹	平均	標準 偏差	最小 値	最大 値	サンプル 数 ¹	平均	標準偏 差	サンプル 数 ¹	平均	標準偏 差	平均	標準偏 差
米国集計													
ストレスクラック (%) ²	624	4	6	0	84	620	3	5	629	8*	9	5	6
ストレスクラック指数 ²	624	8.8	16.6	0	268	620	6.6*	11.7	629	20.2*	27.7	12.7	18.9
百粒重 (g)	624	35.20	2.43	18.91	44.17	620	34.34*	2.43	629	34.03*	2.83	33.89	2.71
穀粒容積 (cm ³)	624	0.28	0.02	0.16	0.34	620	0.27*	0.02	629	0.27*	0.02	0.27	0.02
真の密度 (g/cm ³)	624	1.258	0.018	1.162	1.320	620	1.254*	0.017	629	1.259	0.020	1.263	0.019
完全粒 (%)	624	95.2	2.7	80.6	100.0	620	94.9	2.7	629	93.6*	3.5	93.8	3.4
硬胚乳 (%)	624	79	4	71	93	620	79	3	629	82*	4	83	4
ガルフ													
ストレスクラック (%) ²	612	4	6	0	84	577	3	5	583	9*	10	6	7
ストレスクラック指数 ²	612	8.9	17.6	0	268	577	7.0*	12.4	583	24.1*	33.3	13.8	21.4
百粒重 (g)	612	35.54	2.49	18.91	44.17	577	34.64*	2.47	583	34.88*	2.90	34.41	2.74
穀粒容積 (cm ³)	612	0.28	0.02	0.16	0.34	577	0.28*	0.02	583	0.28*	0.02	0.27	0.02
真の密度 (g/cm ³)	612	1.259	0.018	1.162	1.320	577	1.255*	0.017	583	1.262*	0.020	1.265	0.019
完全粒 (%)	612	95.0	2.7	80.6	100.0	577	95.0	2.8	583	93.8*	3.3	93.9	3.5
硬胚乳 (%)	612	79	4	71	93	577	79	3	583	82*	4	83	4
米国北西部													
ストレスクラック (%) ²	301	5	7	0	84	329	3*	4	262	6*	6	5	5
ストレスクラック指数 ²	301	10.3	17.5	0	268	329	6.6*	11.9	262	12.8	17.1	12.1	15.6
百粒重 (g)	301	33.96	2.21	23.98	44.17	329	33.08*	2.29	262	30.92*	2.57	31.93	2.53
穀粒容積 (cm ³)	301	0.27	0.02	0.19	0.34	329	0.26*	0.02	262	0.25*	0.02	0.25	0.02
真の密度 (g/cm ³)	301	1.253	0.016	1.162	1.317	329	1.249*	0.017	262	1.246*	0.021	1.253	0.019
完全粒 (%)	301	95.7	2.7	84.4	100.0	329	94.8*	2.6	262	92.5*	4.4	93.5	3.5
硬胚乳 (%)	301	79	3	71	91	329	79*	3	262	81*	4	82	4
南部鉄道網													
ストレスクラック (%) ²	395	3	4	0	62	402	3	3	371	6*	6	4	4
ストレスクラック指数 ²	395	5.8	11.0	0	205	402	4.7	8.2	371	11.4*	15.3	7.6	10.7
百粒重 (g)	395	35.67	2.50	25.93	44.17	402	35.09*	2.49	371	34.47*	2.83	34.21	2.81
穀粒容積 (cm ³)	395	0.28	0.02	0.21	0.34	402	0.28*	0.02	371	0.27*	0.02	0.27	0.02
真の密度 (g/cm ³)	395	1.261	0.018	1.183	1.317	402	1.255*	0.017	371	1.263	0.019	1.267	0.018
完全粒 (%)	395	95.1	2.6	84.4	100.0	402	94.9	2.8	371	93.9*	3.2	93.8	3.2
硬胚乳 (%)	395	80	4	71	91	402	79*	3	371	82*	4	83	4

* 95%の有意水準の両側検定により、2015年の平均値は2016年と有意に異なり、2014年の平均値は2016年と有意に異なることを示す。

² 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総計を超える。

³ 収穫母集団平均を予測するための相対的MEは±10%を上回る。

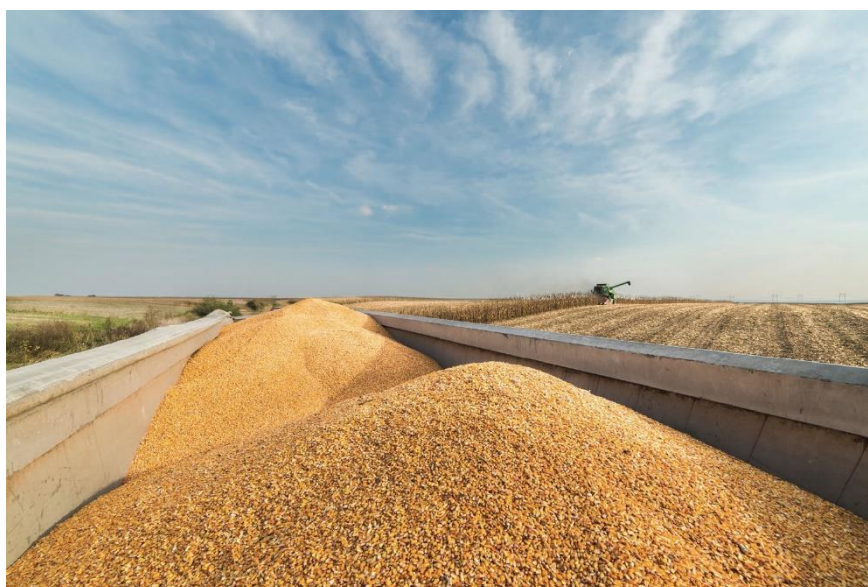
E. マイコトキシン

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、その中で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、2016 年収穫サンプル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条件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を予測したり、その程度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ります。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を網羅・評価すると示唆する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の、ひとつの目安としてのみ使用されるべきものです。当協会が何年分もの収穫時品質報告書を積み重ねていくに従って、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分かってくるようになります。アメリカ穀物協会の 2016/17 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、2016/17 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ています。





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

全サンプル採取地域の最低サンプル数（600）のうち、少なくともその25%は、2016年の生育条件が米国産トウモロコシに発生するすべての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比例抽出し、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総数は177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「低準拠レベル」

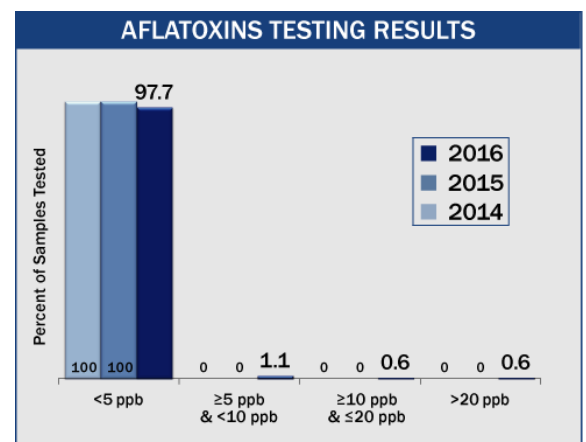
（LCL）と呼ばれる基準値を用いました。本2016/2017年報告書に用いられたFGIS承認の分析キットのLCLはアフラトキシンで5.0 ppb（10億分の1）、デオキシニバレノールで0.5 ppm（100万分の1）です。FGISのLCLはキット製造会社が規定するアフラトキシン2.5 ppbとデオキシニバレノール0.3 ppmという検出限度を上回ります。本試験に用いられたマイコトキシン試験方法の詳細については、「試験分析方法」のセクションに記載しています。

結果：アフラトキシン

2016年はアフラトキシン試験用として合計177のサンプルを分析しましたが、これに対し2015年のサンプル数は185、2014年は182でした。2016年の調査結果は以下のとおりです。

- 173サンプル、すなわち177のサンプルの97.7%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未滿）。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サンプルが100%であった2015年および2014年をわずかに下回っている。
- 2サンプル、すなわち177サンプルの1.1%は、アフラトキシンのレベルが5 ppb以上かつ10 ppb未滿である。
- 1サンプル、すなわち177サンプルの0.6%は、アフラトキシンのレベルが10 ppb以上であるが、FDAの規制レベルである20 ppb以下である。
- 1サンプル、すなわち177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。
- こうした2016年の試験結果は、176サンプル、すなわち177サンプルの99.4%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2015年および2014年はいずれも100%である。

2016年の作物シーズンはFGIS LCLの5.0 ppbを下回るサンプルの割合が2015年および2014年をわずかに下回ってはいるものの、2016年のLCL未滿の試験サンプルの割合が高いのは、2016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（2016年の生育状況の詳しい情報については、「作柄および気象状況」のセクションを参照のこと）。2016年は栽培地域の大半で、受粉期および登熟期の天候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。

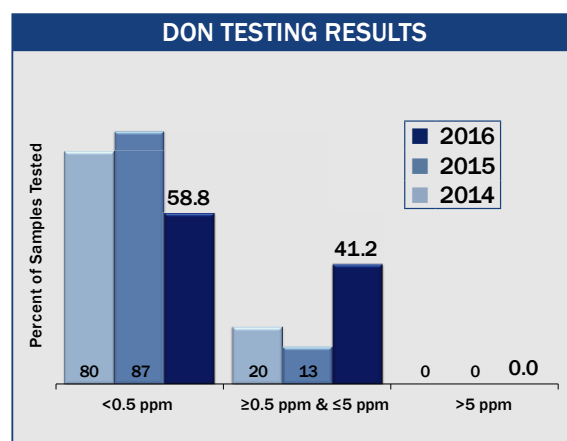


結果：DON（デオキシニバレノールまたはボミトキシン）

2016年のデオキシニバレノールについては、合計177サンプルをまとめて分析しました。これに対し2015年および2014年のデオキシニバレノール試験サンプル数はそれぞれ185と182でした。2016年の調査結果は以下のとおりです。

- 104サンプル、すなわち177サンプルの58.8%がデオキシニバレノール検出レベル未満であった（FGIS LCL 0.5 ppm未満）。
- 2016年の0.5 ppm未満の試験対象サンプルの割合（58.8%）は2015年（87%）および2014年を（80%）を下回っている。
- 73サンプル、すなわち試験対象177サンプルの41.2%が0.5 ppmを上回っているが、FDAの勧告レベルである5 ppm以下である。
- 全177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2015年および2014年と同じである。

2016年、2015年および2014年の調査で試験したサンプルはすべて5 ppmを下回り、2016年の0.5 ppm未満のサンプルの割合が2015年および2014年を下回ったのは、おそらく2016年はデオキシニバレノールの発生を招きやすい多雨の気象条件であったことに起因すると考えられます。





背景：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、ある地域の環境条件によって、特定のマイコトキシンが産生しやすくなり人間や家畜へ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。人間や家畜によってマイコトキシンに対する感受性のレベルは異なります。そのため、米国食品医薬品局（FDA）は使用目的別に、アフラトキシンには規制レベルを、デオキシニバレノールには勧告レベルを設定しています。

規制レベルでは明確な汚染限界値が設けられ、この限界値を超えると FDA は規制措置を実施する準備を整えます。規制レベルとは、毒素や汚染物質が規制値を超え、FDA が規制措置や法的措置を取ることを決めた場合に、FDA の見解では同機関にはそうした措置を裏付ける科学的なデータがあると産業界に示すシグナルの役割を果たしています。輸入

品または国産の飼料サプリメントを適切な方法で分析し、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、州境を越えた取引が禁止される場合があります。

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/NGFACoComplianceGuide-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。Aspergillus 属の様々な菌種によって産生されるアフラトキシンにはいくつかの種類があり、中でも最も広く知られている菌種は *A.flavus* です。菌やアフラトキシンによる穀物汚染は収穫前または貯蔵前に圃場で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。*A.flavus* 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な数粒に過ぎず、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。干ばつ条件下ではシルク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 は食品および飼料中に最も多く検出されるアフラトキシンで、かつ最も毒性が高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つながり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 という異なる種類のアフラトキシンに変化させ、乳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 は食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す（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、アフラトキシンのレベルを食品または飼料に許容される程度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)	食用牛乳
20 ppb	幼弱動物（家禽類の幼鳥を含む）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、豚、成長後の猛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/Publications/fgis/broch/b-aflatox.pdf>



背景：DON（デオキシニバレノール）またはボミトキシン

デオキシニバレノールは一部のトウモロコシ輸入者が懸念するもうひとつのマイコトキシンです。デオキシニバレノールはフザリウム属の特定の菌種から産生され、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* 菌は開花時期の気象が低温または適温で、かつ多雨になると発生し易くなります。菌はシルク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、トウモロコシの穂の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菌が広がり続け、穂を腐らせることがあります。*Gibberellazeae* 菌によるトウモロコシのマイコトキシン汚染は、多くの場合、収穫を引き延ばしすぎ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。

たいていの場合、デオキシニバレノールが問題になるのは単胃動物で、口および喉の炎症の原因となる可能性があります。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、そうなるさまざま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。



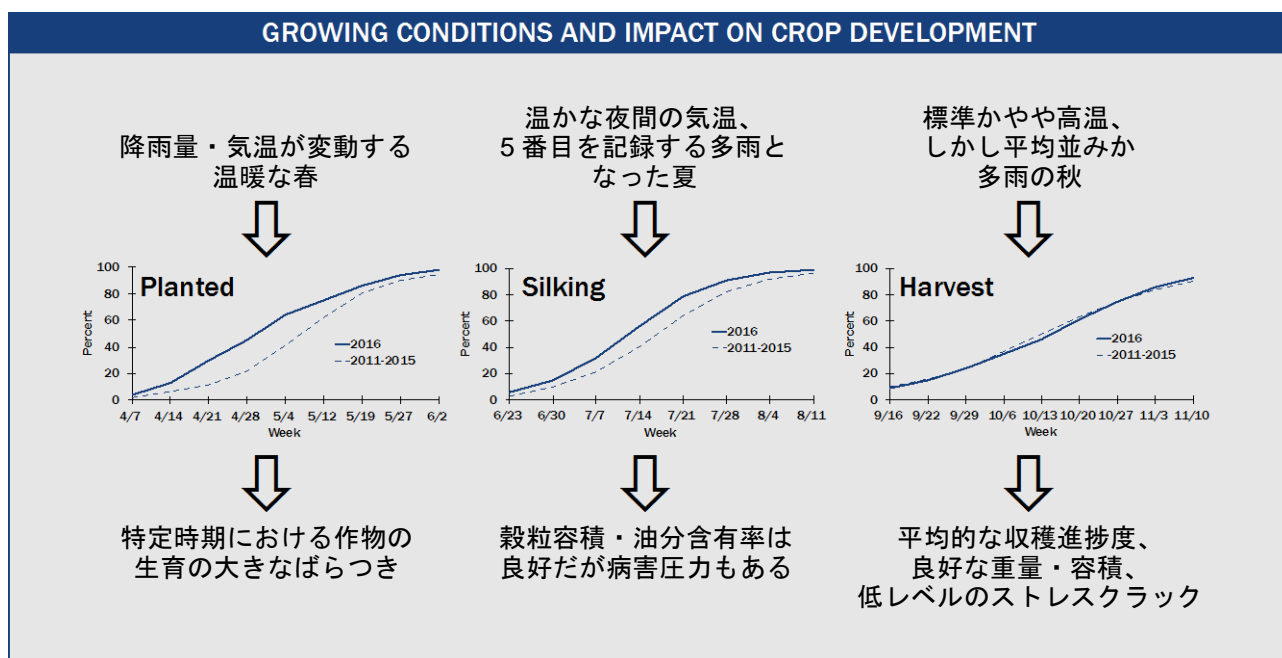
A. 2016 年収穫ハイライト

トウモロコシの作付手順、生育状況、および圃場での作物の生育では天候が大きな役割を担っており、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 2016 年は温暖で乾燥した生育期（発芽から受粉までの期間）の後、温暖かつ多雨の登熟期と収穫期という特徴がありました。今年のトウモロコシの状況は、生殖生長期（シルク抽出期から生理的成熟期）に過去 5 年間で最高の作柄評価¹を記録した 2014 年に似ています。単収は高く、2014 年と比較して容積重と油分含有率は高くストレスラックは少なくなっています。以下に 2016 年生育期の主な特徴をまとめています。

- 春期、気温と降雨量は大きく変動した。
- 全体的に暖かな春で、気温と降雨量が大きく変動し、発芽はおおむね 5 年平均よりも早かったがその期間は延びた。

- 生育期は温暖かつ乾燥した天候により急速な生育が促され植物体の外観も良好だった。
- 生殖生長期中は多雨で夜が暖かく、真菌病が発生しやすい環境となった。
- 温暖な気温が成熟を早めたが、特にガルフ ECA など多雨の地域では収穫が遅れた。
- 全体的に、2016 年の天候は高い単収をもたらし、容積重と平均油分含有率も高くなった。

次のセクションでは米国コーンベルト地帯において 2016 年の生育期の天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。



¹ 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

作付にばらつきが出た温暖かつ多雨の4月

トウモロコシの単収と品質に影響を及ぼす気象要素として、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。こうした気象要素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作物の生育が妨げられ、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るため、作付時期や生育初期の乾燥した天候は有利に働きます。

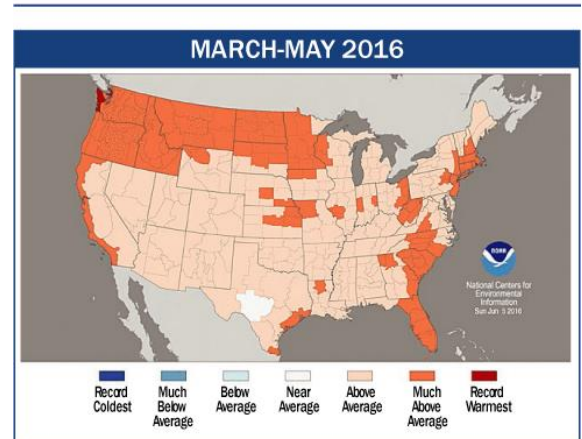
2016年は全体として、米国のほぼ全土は平均よりも温かい春を迎えました。しかし、特に米国北西部 ECA および南部鉄道網 ECA では4月は雨が通常よりもかなり多く、作付と発芽の期間が延びる要因となりました。

米国北西部 ECA の気温については、3月は比較的温暖で4月は平均気温となり、5月は平均を下回りました。4月は通常よりも多雨で、多くの地域で作付が遅れたり、早くなったり遅くなったりする圃場もありました。

春期の3ヵ月についてはガルフ ECA のほとんどの地域で平均的な降雨がありました。平均よりも温かい気温を観測しました。ミシシッピ川の西側では平均よりかなり温かく乾燥した地域も多く、特にミズーリ州では作付が早まりました。

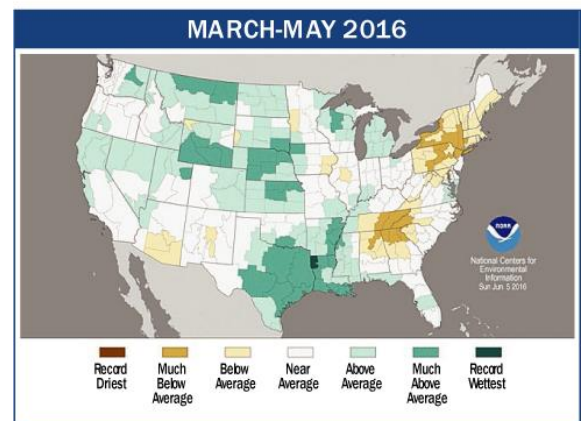
南部鉄道網 ECA は温かく、それでも(122年間で)5番目に雨の多い春となり、この地域の主に北中部から北東部にかけてトウモロコシの作付が遅れました。

DIVISIONAL AVERAGE TEMPERATURE RANKS
(Period: 1895-2016)



Source: Regional Climate Centers

DIVISIONAL PRECIPITATION RANKS
(Period: 1895-2016)



Source: Regional Climate Centers

C. 受粉および登熟の状況

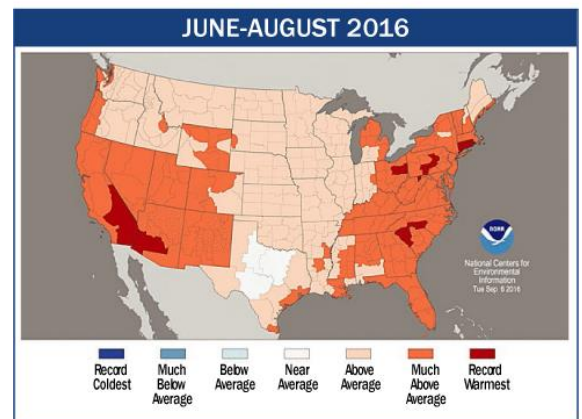
多雨・高温の夏が高単収をもたらす

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。この時期、降雨量がほどほどで気温、特に夜間気温が平均を下回ると、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。登熟期の後半（8月から9月）に降雨量がほどほどで温暖であれば、窒素吸収や光合成が継続します。窒素も登熟後期に葉から粒に再移動し、穀粒のタンパク質と硬胚粒が増加します。

2016年はECAの全地域で非常に多雨の発芽期から乾燥した生育期に移行し、その後登熟期に大雨が降りました。6月、温暖な天候と乾燥した状況が植物体の生育や窒素肥料の吸収を促し、トウモロコシの作柄は優または良と評価され、全シーズン中70~75%についてその状態が維持されました。この状況は2014年とよく似ています。夏のガルフECAや南部鉄道網ECAの平均より高い気温は主として上昇した夜間の気温に関連しており、登熟期にデンプン蓄積を抑制したと考えられます。

受粉前は乾燥した天候で受粉の後3週間雨が続き、トウモロコシの穂はDiplodiaカビに感染しやすくなり、軽量の穀粒や穂軸の腐敗損傷、さらに破損粒や異物(BCFM)が発生する可能性が高くなると考えられています。2016年は米国全土、特に北西部ECAやガルフECAではDiplodiaの主要条件がそろっていましたが、トウモロコシ品種は感染しやすさという点で皆それぞれ異なり、Diplodiaが家畜にとって有害な毒を産生することはないと考えられています。

DIVISIONAL AVERAGE TEMPERATURE RANKS
(Period: 1895-2016)



Source: Regional Climate Centers

米国北西部ECAでは、6月は非常に高温となり(100年中の10位に入るほどの高温)ましたが、7月は平均並みの気温で、続く8月は西部地域で気温が低くなりました。全体的に6月は乾燥し、受粉時には適時に雨が降り、夏の残りの期間では干ばつと局地的な大雨に見舞われる地域がパッチ状に発生したことで、作物の品質に例年以上のばらつきが起こった可能性があります。

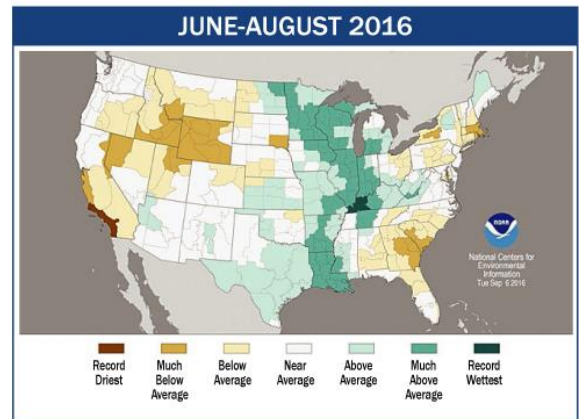


ガルフ ECA は大雨に見舞われ、記録上 5 番目に多雨の夏になりましたが、降雨量は 2015 年を下回りました。ガルフ ECA では高い露点のため登熟期に共通して夜間は高温になり、デンプン最大含有率が制限された可能性があります。

全体的に、南部鉄道網 ECA では 6 月は異常に乾燥（1885 年-2016 年の期間で 10 番目の乾燥）し、高温（1896 年以降 10 番目の高温）となりました。南部鉄道網 ECA の西部地域ではほぼ平均並みの気温で南部の降雨量は平均を上回りました。南部鉄道網 ECA 全域にわたり、登熟期間中、夜間の気温は高く雨が豊富でした。こうした気象条件により油分含有率は平均以上となりました。

DIVISIONAL PRECIPITATION RANKS

(Period: 1895-2016)



Source: Regional Climate Centers

D. 収穫の状況

温暖な天候が続き成熟が促されたが例年並みの収穫進捗率

生育期の終盤を迎えると、穀粒の乾燥状態は日光や気温、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限になります。生育期終盤の天候上の懸念の一つは、氷点下の気温です。穀粒が十分に自然乾燥する前に早霜に見舞われると、単収や容積重が低下したりストレスクラックが発生したりします。加えて、収穫が早すぎた場合も穀粒は多くの水分を含むため乾いた穀粒よりも破損しやすくなります。

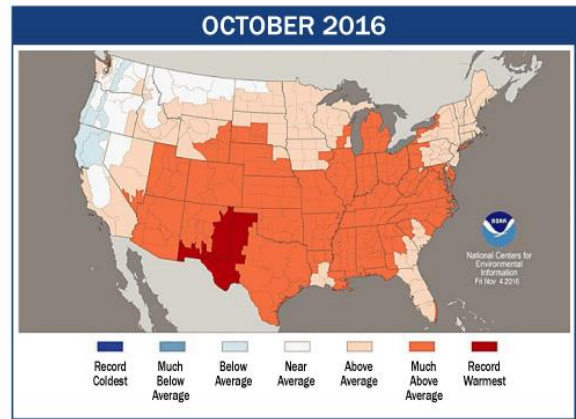
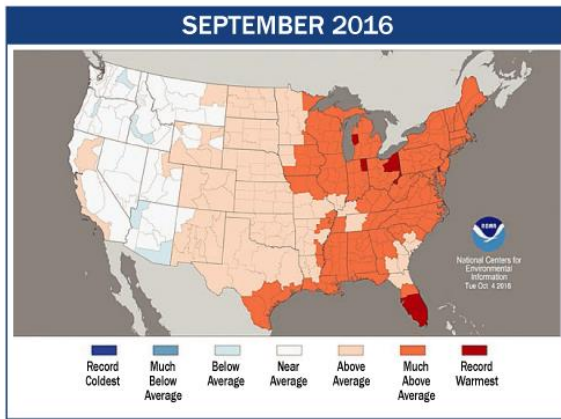
一般に、米国産トウモロコシの 80% は 10 月末までに収穫されます。今年のトウモロコシは計画よりも早めに成熟しましたが、雨のせいで適時の収穫が妨げられました。全体として、9 月と 10 月の多雨にもかかわらず、収穫はほぼ 5 年平均の進捗率で進み、雨が少なかった地域では収穫は早まりました。クラックや、シーズン後期の病害、収穫上の問題を引き起こすような全域にわたる早霜はありませんでした。

フザリウム系のイヤーマールド (Gibberella Ear Rot) は受粉直後に低温になると繁殖が促されますが、2016 年は全般にそのようなことはありませんでした。多くの場合、フザリウムから産生されるマイコトキシン・デオキシニバレノールは収穫の遅れや水分含量の多いトウモロコシの保存に関連付けられます。収穫期間中、ガルフや米国北西部の一部の地域の数箇所でも局的に雨天が続き、2、3 の地域においてトウモロコシの水分含量が多くなりました。全体的に 2016 年の収穫期はほぼ平均並みとなり、早期に収穫されたトウモロコシは病害の広がりを抑えるために乾燥させることとなります。

これに加えて、アフラトキシンの産生は高温、降水量の不足、干ばつにより促進されます。トウモロコシ生産地域の大半を占める中部は温暖でしたが極端に気温の高い日はほとんどなく、植物体は干ばつストレスに曝されることもありませんでした。従って、天候についていえば、今年はアフラトキシンが問題となることはないと考えられます。

DIVISIONAL AVERAGE TEMPERATURE RANKS

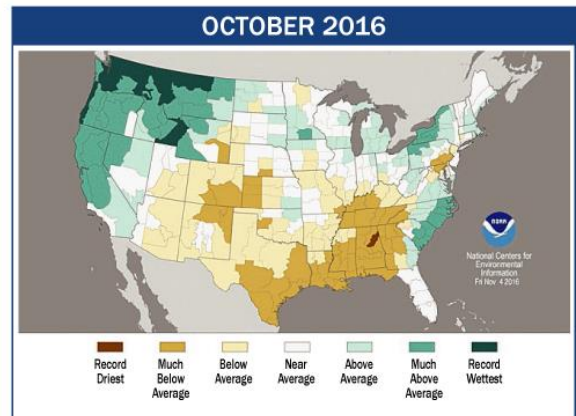
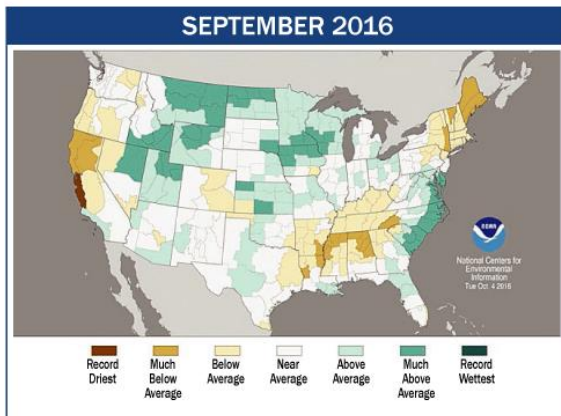
(Period: 1895-2016)



Source: Regional Climate Centers

DIVISIONAL PRECIPITATION RANKS

(Period: 1895-2016)



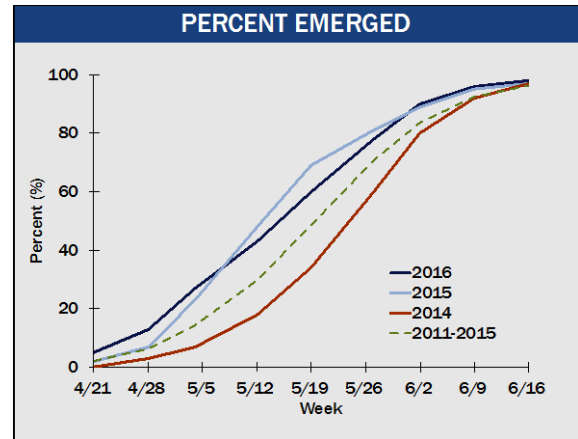
Source: Regional Climate Centers



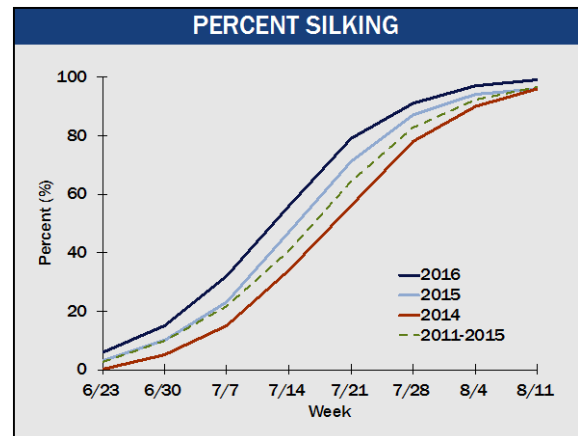
E. 2015 年、2014 年、5 年平均と比較した場合の 2016 年

2016 年の登熟期は 2015 年よりも高温かつ多雨となり、記録に近いレベルの単収を得る

2014 穀物年度はほぼ通常通りの発芽率でしたが、2015 年では例年より早期に発芽しました。これに対し、2016 年の全体的な発芽はこの全期間を通じて着実に進みました。2016 年、トウモロコシの植物体のシルク抽出率は 2014 年や 2015 年とほぼ同じで、いずれの抽出率も 5 年平均をやや上回りました。2014 年や 2015 年には概して雨が次第に少なくなり受粉が最大となりましたが、これとは対照的に、2016 年は登熟期の雨が多く、その結果干ばつに見舞われた地域が最少となりました。

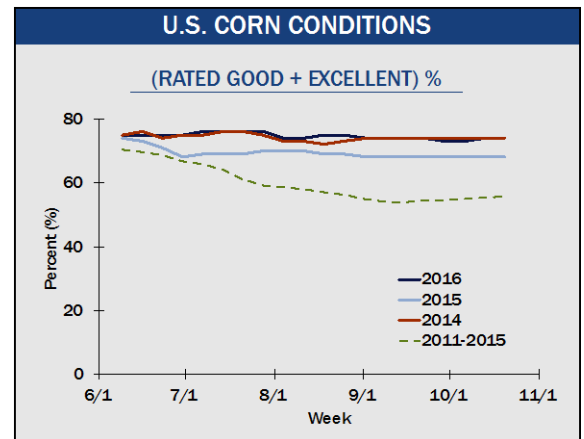
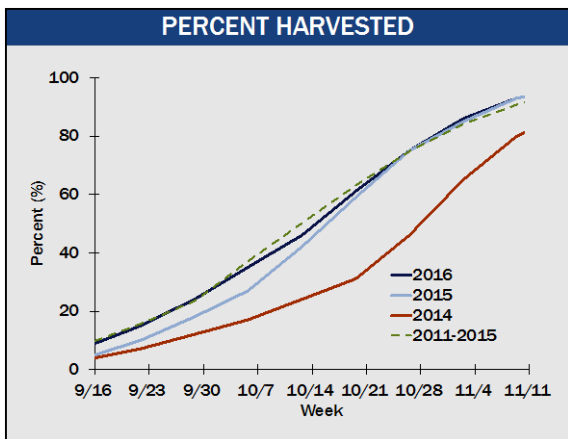


2014 年および 2015 年の登熟期の低温な天候とは対照的に、2016 年は非常に高温で、デンプンの蓄積は最大とはなりませんでしたが、ただし、2016 年の高温は干ばつを伴わず、主に夜間の高い気温により発生したものでした。2016 年の収穫の進捗率はほぼ 5 年平均並みとなっています。2015 年の収穫の開始は遅れましたが、雨や凍結で数週間遅れた 2014 年とは異なり、すぐに 5 年平均を追い抜きました。



2016年のほとんどの期間において、トウモロコシの約75%の作柄は良か優の評価を受け、植物体が健康であることが示唆され、例年を上回る光合成、デンプン蓄積、単収につながりました²。この高い評価は記録的な単収を示した2014年と似ており、2015年をわずかながらも上回っています。これとは対照的に、グラフに示すように、2011年から2013年の生育状況はこれに劣り、5年平均を押し下げています。

熱と干ばつのために、2013年と2011年のトウモロコシは2014年から2016年までの期間のトウモロコシよりも健康度で劣っています。これに加えて、2012年には、厳しい干ばつと熱波が急速に作柄やデンプンの蓄積、単収を悪化させましたが、容積重とタンパク質含有率は増加しました。



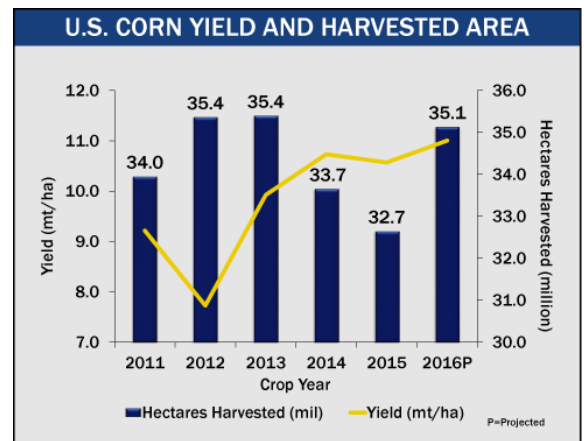
² 「良い」の格付けは通常の単収が見込まれることを意味する。水分含量は適切で、病害、虫害および雑草圧力は小さい。「優」の格付けは単収見込みが通常以上で、作物にストレスがほとんどまたは全くないことを意味する。病害、虫害および雑草圧力は取るに足りないほど小さい。



A. 米国産トウモロコシ生産量¹

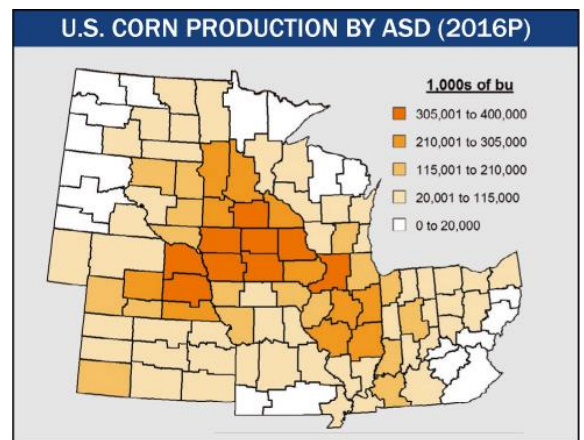
米国平均生産量および単収

- 2016年11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、2016年度の米国産トウモロコシの平均単収は 11.0 mt/ha (175.3 bu/ac) と予測されています。これは、2015年度のトウモロコシの平均単収を 0.4 mt/ha (6.9 bu/ac) 上回り、記録上最高の平均単収となります。
- 2016年の収穫面積は、35.1 百万 ha (86.8 百万 ac) と予測され、2015年から 2.4 百万 ha (6.1 百万 ac) 拡大しました。予測される 2016年の 35.1 百万 ha という収穫面積は、過去 80 年間で 3 番目となり、過去 10 年間で 3 番目となります。
- 2016年は過去 10 年間で 3 番目の収穫面積となり、2016年のトウモロコシもまた過去最高の平均単収を記録しており、こうした要因により米国産トウモロコシの収穫量は過去最高の 386.8 mmt (15,226 mil bu) に上ると推定されています。これは 2015年の収穫量 (345.5 mmt/13,601 mil bu) を約 41.3 mmt (1,625 mil bu) 上回りました。



ASD と州レベルの生産量

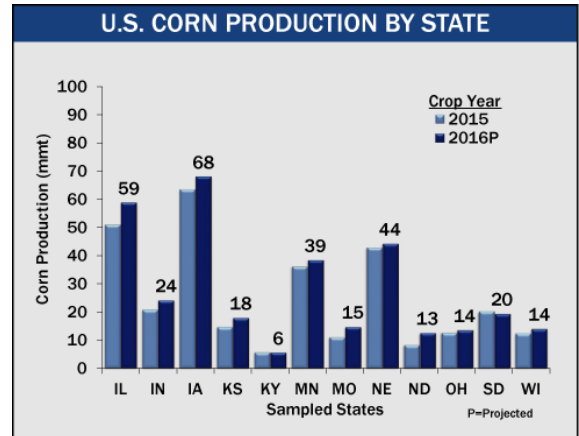
2016/17 収穫時品質報告書の対象地域には米国最大の生産地域が含まれています。この報告書は、USDA 農業統計地域 (Agricultural Statistical District: ASD) の 2016 年トウモロコシ生産量予測を示す地図で確認することができます。



Source: USDA NASS and Centrec Estimates

¹ 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

対2015年で2016年のトウモロコシ収穫量が増加したのは、12の主要トウモロコシ生産州のうち10州の生産量が増加したためです。最も大きな増加を見せたのはイリノイ州、アイオワ州、ミズーリ州およびノースダコタ州でした。ケンタッキー州の2016年の生産量は2015年とほぼ同じでしたが、サウスダコタ州ではわずかに減少しました。



Source: USDA NASS

米国産トウモロコシ生産量の表は、2015年のトウモロコシ生産量と2016年予測との間の量(mmt)と割合の差を州別にまとめたものです。2015年と2016年予測との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2016年予測値を2015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、収穫面積は大幅に増加しているわけではないことがわかります。単収の変化は一様ではなく、イリノイ、インディアナ、ミズーリおよびノースダコタの各州では大幅に増加(10%を上回る増加)し、わずかに減少したのはケンタッキーとサウスダコタの2つの州に限られました。

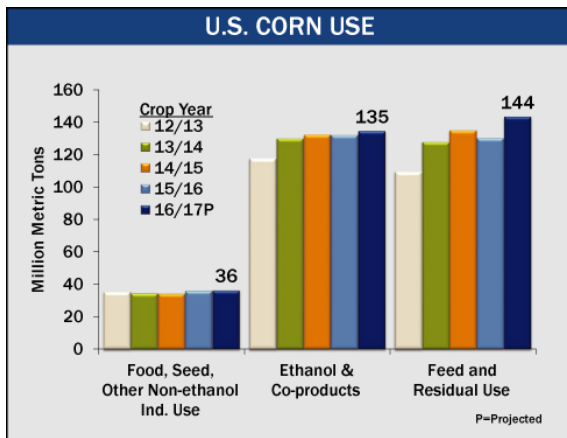
State	2015	2016P	Difference		Relative % Change*	
			MMT	Percent	Acres	Yield
Illinois	51	59	8	15%		
Indiana	21	24	3	16%		
Iowa	64	68	5	7%		
Kansas	15	18	3	23%		
Kentucky	6	6	(0)	-1%		
Minnesota	36	39	2	6%		
Missouri	11	15	4	34%		
Nebraska	43	44	1	3%		
North Dakota	8	13	4	53%		
Ohio	13	14	1	8%		
South Dakota	20	20	(1)	-4%		
Wisconsin	12	14	2	13%		
Total U.S.	345	387	41	12%		

*Green indicates 2016 is higher than 2015 and red indicates 2016 is lower than 2015; bar height indicates the relative amount.
P=Projected, Source: USDA NASS

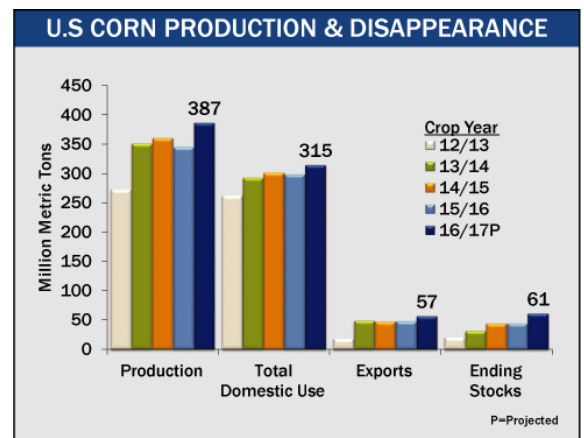


B. 米国産トウモロコシの消費量および最終在庫量

- 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、干ばつにより2012/2013 穀物年度 (MY12/13) に生産量が減少したにもかかわらず、過去4期の穀物年度にわたりほぼ一定しています。
- エタノール用トウモロコシの消費量は、MY12/13ではMY13/14、MY14/15 および MY15/16 を下回りますが、これら過去3期の穀物年度においては一定しています。
- 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は、MY12/13 から MY13/14 に回復を示した後、他の飼料原料と比べてトウモロコシが低価格で豊富に供給されていることから堅調に推移しています。
- 米国産トウモロコシ輸出量は MY12/13 以降堅調に推移していますが、これは十分な供給量と強い輸出需要など様々な要因の影響を受けているためです。
- 2012年の干ばつで生産量が減少したため MY12/13 の最終在庫量は大幅に減少し、過去何年もなかったような最低の水準となりました。しかしながら、MY13/14、MY14/15 および MY15/16 に大きな収穫が得られたため最終在庫量は持ち直しています。



Source: USDA WASDE and ERS



Source: USDA WASDE and ERS

C. 見通し

米国の見通し

- 2016年の米国産トウモロコシの記録的な収穫により MY16/17 トウモロコシは豊富に供給されています。こうした潤沢な供給により、トウモロコシの価格は MY12/13 をピークに押し下げられる傾向にあります。豊富な供給量と低価格が、MY16/17 に予測されるトウモロコシ国内消費量を記録的に高める主因となっています。
- 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、MY16/17 では MY15/16 から大きく変化することなく推移し、過去4期の穀物年度のパターンが続くと予想されています。
- MY16/17 のエタノール用トウモロコシ消費量は過去の市場年度をわずかながら上回ると予測されています。エタノール向け予測消費量が増加す

る一つの要因は、ガソリンの価格が下がり国内需要が増え、それによって国内エタノール市場が拡大しているということが挙げられます。この予測に影響を及ぼす他の要因として、エタノール混合品の価格の競争力が上がったこと、わずかながらもエタノールの生産効率が向上したこと、エタノール原料の代替品としてトウモロコシの消費量が幾分増加したことが挙げられます。

- MY16/17、飼料用トウモロコシおよびその残渣物の国内消費量はMY15/16を13.2 mmt上回る（10.1%増）と予想されています。低価格のトウモロコシによって飼料用トウモロコシへの需要は維持され、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ます。

- MY16/17の米国産トウモロコシの輸出量は前年から約17%増加し、MY07/08以来の最高値となることが予測されています。この予測は豊富な供給量や、MY16/17の世界の需要がMY15/16から6.6%増加することからも裏付けられます。
- MY16/17のトウモロコシ最終在庫は、主として近年連続して収穫量が多かったことが要因となり、前年比38.3%増と予測されています。対消費在庫率は16.4%と予測され、これは4年連続の増加であり、MY05/06以降初めてのことです。

世界の見通し

世界の供給

- 米国と他の主要トウモロコシ生産国の収穫増に伴い、MY16/17の世界のトウモロコシ生産量は記録的な生産量だったMY14/15を上回ると予想されません。
- 中国、メキシコおよびカナダのMY16/17の生産量の減少は、アルゼンチン、ブラジル、EU諸国、南アフリカ、東南アジア、ウクライナおよび米国の増産をもって補われることとなります。
- 米国の予測輸出量の増加に加えて、米国以外のMY16/17の総輸出量はMY15/16を上回ると予想されています。
- 米国以外の主要輸出国であるアルゼンチン、ブラジルおよびウクライナの輸出量も増加することが見込まれています。

世界の需要

- MY15/16は958.5 mmtだった世界のトウモロコシ消費量は、1,021.7 mmtに、年率にして6.6%増加することが予想されています。
- 韓国および日本を除き、主要輸入国・地域（エジプト、EU諸国、メキシコおよび東南アジア）のMY16/17のトウモロコシ消費量はMY15/16を上回ると考えられます。加えて、主要輸出国（アルゼンチン、ブラジル、カナダ、南アフリカ、ウクライナおよび米国）のMY16/17のトウモロコシ消費量もMY15/16を上回ると予測されます。
- MY16/17の世界の輸入量は前年から減少すると予想されています。トルコのMY16/17輸入量は増加しますが、エジプト、日本、東南アジアおよび韓国のトウモロコシ輸入量の減少で相殺されると予測されています。



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	12/13	13/14	14/15	15/16	16/17P
面積 (百万ヘクタール)					
作付	39.4	38.6	36.7	35.6	38.3
収穫	35.4	35.4	33.7	32.7	35.1
単収 (トン/ヘクタール)	7.7	9.9	10.7	10.6	11.0
供給量 (百万トン)					
期首在庫	25.1	20.9	31.3	44.0	44.1
生産量	273.2	351.3	361.1	345.5	386.8
輸入量	4.1	0.9	0.8	1.7	1.3
総供給量	302.4	373.0	393.2	391.2	432.2
消費量 (百万トン)					
食用、種子、その他エタノール以外の産業用	35.5	34.8	34.5	36.3	36.5
エタノール・併産物	117.9	130.1	132.3	132.2	134.6
飼料・残渣	109.6	128.0	135.0	130.3	143.5
輸出量	18.5	48.8	47.4	48.2	56.5
総消費量	20.9	31.3	44.0	44.1	61.0
最終在庫	271.25	175.58	145.662	142.118	118.104-141.725
平均農家出荷価格 (ドル/トン*)	35.5	34.8	34.5	36.3	36.5

英国単位	12/13	13/14	14/15	15/16	16/17P
面積 (百万エーカー)					
作付	97.3	95.4	90.6	88.0	94.5
収穫	87.4	87.5	83.1	80.7	86.8
単収 (ブッシェル/エーカー)	123.1	158.1	171.0	168.4	175.3
供給量 (百万ブッシェル)					
期首在庫	989	821	1,232	1,731	1,738
生産量	10,755	13,829	14,216	13,601	15,226
輸入量	160	36	32	67	50
総供給量	11,904	14,686	15,479	15,399	17,014
消費量 (百万ブッシェル)					
食用、種子、その他エタノール以外の産業用	1,397	1,370	1,359	1,429	1,435
エタノール・併産物	4,641	5,124	5,209	5,206	5,300
飼料・残渣	4,315	5,040	5,315	5,130	5,650
輸出量	730	1,920	1,867	1,898	2,225
総消費量	11,083	13,454	13,750	13,663	14,610
最終在庫	821	1,232	1,731	1,738	2,403
平均農家出荷価格(ドル/ブッシェル*)	6.89	4.46	3.70	3.61	3.00-3.60

P-予測値

* 農家出荷価格は出荷量に基づく加重平均である。

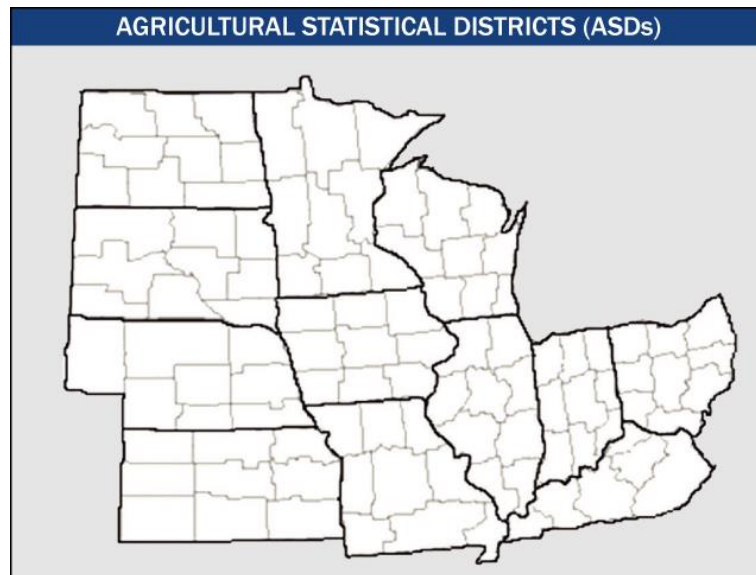
WASDEの11月予測に基づく16/17P平均農家出荷価格

出典: USDA WASDE and ERS

A. 概要

本 2016/2017 年収穫時報告書の調査設計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 5 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 93.1% 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 617 のサンプルを対象として、信頼度 95% で最大 $\pm 10\%$ の相対許容誤差 (相対 ME) を達成した。
- 2016 年 9 月 8 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 624 のサンプルを地域のエレベーターから入手し試験を実施した。
- 他の品質ファクターの調査対象となった 12 州 ASD 全域にわたり、マイコトキシン試験には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、177 のサンプルをアフラトキシンとデオキシニバレノールの試験に採用した。
- 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。品質ファクターの結果の相対 ME は、2 つの項目すなわちストレスクラックおよびストレスクラック指数 (SCI) を除いて $\pm 10\%$ 未満となった。これらの品質ファクターについては、その精度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。
- 2016 年と 2015 年、および 2016 年と 2014 年の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 2016/17 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 93.1% を占める 12 の主要生産州のコモディティエローコーンを目標母集団としています。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）は各州を複数の農業統計地域（ASD）に分割し、ASD 別のトウモロコシ生産の予測を行っています。USDA のトウモロコシ生産データは、海外輸出予測を伴い、米国産トウモロコシ輸出量の 93.1% を占める 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られています（出典：USDA/GIPSA）。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試料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、2016/2017 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精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。2016/2017 年収穫時報告書のために採用した精度の水準は信頼度 95% で相対誤差範囲（相対 ME）が $\pm 10\%$ 以下です。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、相対 ME $\pm 10\%$ 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分散が大きいくほど、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ばらつき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と、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 17 の品質ファクターの母分散は未知であるため、2015/2016 年収穫時報告書からの分散推計値を代用しました。2015 年の 620 サンプルの結果を用いて、14 の品質ファクターについて相対 ME が $\pm 10\%$ となるよう、差異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数（SCI）では相対 ME はそれぞれ 11% と 14% となり、この 2 つのみが米国集計の中で相対 ME が $\pm 10\%$ 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、総サンプル数が最低 600 あれば米国集計について望ましいレベルの精度で品質特性の真の平均値を推算できることが分かりました。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 617 となりました。

等級、水分含量、化学的特性および物理的特性を試験したトウモロコシのサンプルと同じ層別比例サンプリング手法を適用して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、信頼度 95% 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 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

っているかということを相対 ME $\pm 10\%$ 以下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 177 としました。

サンプリング

無作為抽出のプロセスは、郵便、電子メールおよび電話を使用して 12 州の地域グレインエレベーターに依頼することから始まりました。2,050 から 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、返送料金先払いのサンプルキットを郵送しました。トウモロコシの収穫が 30% 以上終了した時点で、その地域のエレベーターからサンプルを採取しました。この 30% という収穫基準は、今年度のトウモロコシの収穫や、エレベーターのインセンティブプレミアムなどの理由により通常より早い時期に収穫した新しいトウモロコシのために、生産者が保管サイロを清掃する際に出てくる古いトウモロコシ試料を受け取ることがないよう定めたものです。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を受ける時に抽出したものです。各エレベーターからこの試験用として入手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。1 個所で採取したサンプル数は最大で 4 サンプルです。農場の搬入トラックから採取された、ブレンドされていない総数 624 のサンプルは、2016 年 9 月 8 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。



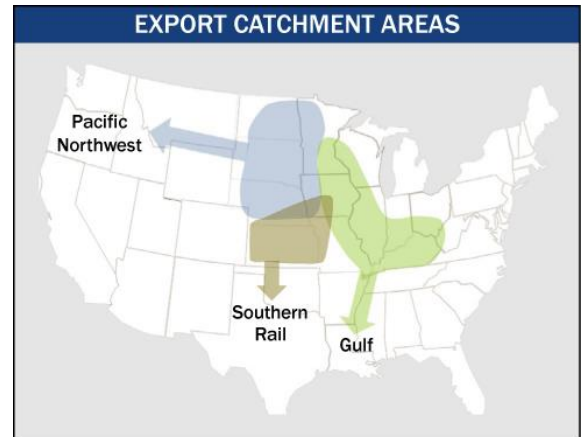
C. 統計分析

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とめ、以下に示す輸出拠点地域（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3つの複合地域によるグループについても数値をとりまとめました。

- 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
- 米国北西地区の港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で構成される米国北西部（PNW） 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**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および標準偏差に加え、ECA それぞれの加重平均および標準偏差も推計しました。利用できる輸送手段により、これら ECA へと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 の値として現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。

本 2016/2017 年収穫時報告書では新規に、過去 5 年の収穫時報告書（2011/12 年、2012/13 年、2013/14 年、2014/2015 年および 2015/2016 年）の品質ファクター平均値の単純平均および標準偏差を採用しました。こ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。米国集計、ガルフ ECA、米国北西部 ECA および南部鉄道網 ECA のストレスクラックと SCI を除くすべての品質項目で、相対 ME は ±10% を下回りました。ストレスクラックおよび SCI の相対 ME を下の表にまとめました。

	相対 ME	
	ストレスクラック	SCI
米国平均	12%	15%
ガルフ ECA	13%	16%
米国北西部 ECA	17%	19%
南部鉄道網 ECA	15%	19%

これら品質ファクターの精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。「等級ファクターおよび水分含量」と「物理的ファクター」をまとめたそれぞれの表の脚注に、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 2015/2016 年収穫時報告書と 2016/2017 年収穫時報告書の間、および 2014/2015 年収穫時報告書と 2016/2017 年収穫時報告書の間試験結果の統計差または有意差については、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。

2016/17 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/perry-johnson-laboratory-acc-reditation> を参照してください。

A. トウモロコシ等級ファクター

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から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、等級付けのための格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してすべての物質、およびこの篩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 の計測では破損トウモロコシと異物を区分することができます。目開き 12/64 インチのふ

るいを通して、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トウモロコシと定義します。目開き 6/64 インチのふるいを通してすべての物質と目開き 12/64 ふるいの表面に残るトウモロコシ以外の粗い物質全てを異物と定義します。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。

損傷粒の内容を調べるため、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、シルク切断粒、表面カビ（葉枯れ病）、カビ（ピンク・エピコッカム）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して特定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油分、タンパク質およびデンプンの含有率を予測するために、従来からの化学的方法での値に対応するように較正されます。これはトウモロコシを破壊しない分析方法です。

2016 年秋期のタンパク質、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）を用いて 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 0.27%、0.25% および 0.66% でした。21 箇所のラボで試験されたサンプルについて、前回の収穫時品質報告書に用いられた Foss Infratec 1229 と 2016 年秋期の新たな 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。結果は乾物ベースで報告します（水を除いた物質中のパーセント）。

D. 物理的ファクター

百粒重、穀粒容積および真の穀粒密度

百粒重は、1 群百粒の 2 反復群を対象として、最短 0.1 mg 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 cm^3 で表します。1 穀粒当たりの容積は通常 0.18~0.30 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（押しのけ容積）で除して求めます。2 反復群のそれぞれの結果の平均をとります。真の密度は 1 立方センチメートル当たりのグラム数 (g/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 1.16~1.35 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。光は硬胚乳すなわち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、ほとんどの用途で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すが、大半のトウモロコシ粒は 70~95% の範囲に入ります。



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大評価や過小評価を最小限に抑えることを目的としています。一方、2016/17 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。

2016/17 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碎し、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碎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。この 1 キロのサンプルを Romer Model 2A ミル

で粉碎し、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 109 BG、デオキシニバレノール分析用として AQ 254 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 50%エタノール (2:1) 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 109 BG および AQ 254 BG の LOD はアフラトキシンでは 2.5 ppb (10 億分の 1) でデオキシニバレノールでは 0.3 ppm (100 万分の 1) です。

Envirologix AQ 109 BG の試験キットを用いたアフラトキシンや、AQ 254 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。



米国産トウモロコシ等級要件

等級	ブッシェル当たり の容積重最小値 (ポンド)	被害粒の最大限界値		
		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グラム中、サンプルに合計で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ているもの、3個以上のタヌキマメ(*Crotalaria spp.*)の種子、2個以上のトウゴマ(*Ricinus communis L.*)の実、4個以上の特定できない異物の粒か一般に有害・有毒とみなされる物質、8個以上のオナモミ(*Xanthium spp.*)等、1種または複数種の種子、または動物の汚物が0.20%を超えて混入しているもの (c) カビ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 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 • Website: 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

EGYPT: Cairo

Tel: +216-71-191-640 • Fax: +216-71-191-650
tunis@usgrains.net

JAPAN: Tokyo

Tel: +81-3-6206-1041 • Fax: +81-3-6205-4960
tokyo@grains.org

KOREA: Seoul

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

MEXICO: Mexico City

Tel: +52-55-5282-0244
usgcmexico@grains.org.mx

MIDDLE EAST AND AFRICA: Tunis

Tel: +216-71-191-640 • Fax: +216-71-191-650
tunis@usgrains.net

SOUTH AND SOUTHEAST ASIA: Kuala Lumpur

Tel: +603-2093-6826 • Fax: +603-2093-2052
grains@grainsea.org

TAIWAN: Taipei

Tel: +886-2-2523-8801 • Fax: +886-2-2523-0149
taipei@grains.org

TANZANIA: Dar es Salaam

Tel: +255-718-733-711
mary@usgrainstz.net

WESTERN HEMISPHERE: Panama City

Tel: +507-315-1008 • Fax: +507-315-0503
LTA@grains.org