



U.S. GRAINS
COUNCIL



2017/2018
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. 2017 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	51
D. 収穫の状況	52
E. 2016 年、2015 年、5 年平均値と比較した場合の 2017 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. 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7度目の年次報告書である2017/18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。

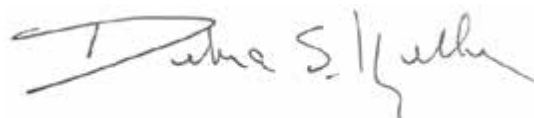
今年のトウモロコシの生殖生長期中の大部分の作柄は「とても良い」または「良い」と評価されました。このことから、強く健康な植物体であったことが示唆され、その恩恵を受けて光合成が促され穀粒のサイズや収量も良好なものとなりました。全体的にみると、2017年には、長期の作付け期、暖かく多雨の育成期、涼しく乾燥し長引いた登熟期、そして暖かく多雨で遅れがちの収穫期という特徴があります。こうした米国の気象条件により、2017年は記録的な収量、さらに、3億7,030万トン（145億8,000万ブッシェル）の総生産量が予測されており、これは2番目の記録となります。米国はトウモロコシの最大輸出国となり、その輸出量は、2017/2018市場年度において、世界のトウモロコシの32%を占めると見込まれます。

これまでの収穫時報告書同様、本2017/18年トウモロコシ収穫時品質報告書は、現在世界中の流通経路へと流れていく米国トウモロコシの収穫時点の品質に関し、適時の情報を提供します。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2弾、2017/18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、2018年初頭の発行が予定されています。当協会の一連の品質報告書は、一貫性のある透明な手法を用いて過去の品質と比較できるようになっています。そうすることでバイヤーの皆様は十分な情報を得た上で決定を下し、ひいては米国の穀物市場の能力や信頼性に確信を持つことが可能となるのです。

アメリカ穀物協会は関係を築き、輸出を増大させることで、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、こうした目的に向けて活動を促進し、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。

当協会のミッションは「市場を開拓し、貿易を可能にし、生活を改善する」ことであり、このミッションの一環として、協会のパートナーの方々には本報告書をお届けします。本報告書が2017年米国産トウモロコシの品質について、正確かつ適時の見解を提供する役割を引き続き果たしていれば幸いに存じます。

敬具



Debra Keller
Chairman, U.S. Grains Council
December 2017

FRIENDS &
FRONTIERS

2017年のトウモロコシの全体的な品質を示す2017/2018年トウモロコシ収穫時品質報告書に向けて試験した代表的なサンプルは、多くの特質項目で過去5期の穀物年度(5YA¹)の平均値を上回っています。サンプルの95パーセントが米国等級

等級ファクターおよび水分含量

- 容積重平均値は58.4 lb/bu (75.2 kg/hl)で、92.2%がNo.1等級の限度値を上回り、99.8%がNo.2等級の限度値を上回る。2016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。
- 破損粒および混入異物(BCFM)の割合は低く(0.8%)、2016年をわずかに上回っているものの、5YAと同水準である。2017年のサンプルは97.9%がNo.2等級の限度を下回っており、クリーニングの必要がほとんどなかったことを示している。この割合は、BCFMのNo.2等級の限度値を下回った割合がそれぞれサンプルの99%および98%であった2016年および2015年とほぼ同水準である。
- 総損傷率平均値は1.3%で、2016年、2015年および5YAを下回り、サンプルの97.3%がNo.2等級の総損傷率限度値を下回っている。
- 熱損傷は確認されていない。
- エレベーターでの水分含有率(16.6%)は2016年、2015年および5YAを上回る。分布をみると、水分含有率17%を上回っているのはサンプルの36.2%で、この値は2016年が29%、2015年が19%であった。この分布は、2017年では2016年および2015年よりも多くのサンプルに乾燥が必要であることを示唆している。

No.2の基準に相当しています。現在流通経路へと向かいつつある2017年の米国産トウモロコシの総損傷率平均値は2016年および5YAを下回り、容積重、油分濃度、百粒重、穀粒容積の平均値は上回っています。本年度のトウモロコシに関する主要な収穫結果のハイライトは以下の通りです。

化学組成

- タンパク質含有率(乾物ベース8.6%)は2016年と同水準で、2015年を上回り、5YAをわずかに下回っている。
- デンプン含有率(乾物ベース72.3%)は2016年、2015年および5YAを下回っている。
- 油分含有率平均値は4.1% (乾物ベース)で、2016年、2015年および5YAを上回っている。

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

¹5YAとは、2012/2013年、2013/2014年、2014/2015年、2015/2016年および2016/2017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

- ストレスクラック率（5%）は低く、2016年および2015年をわずかに上回るが、5YAを下回り、ストレスクラック率が10%未満のサンプルの割合は86.8%である。
- ストレスクラック指標の平均値（13.7）は2016年および2015年を上回るが、5YAとほぼ同水準である。損傷し易さは2016年をわずかに上回っていると考えられるが、相対的には依然として低いレベルである。
- 百粒重（36.07 g）は2016年、2015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。
- 穀粒容積平均値は0.29 cm³で、これも2016年、2015年および5YAを上回っている。
- 真の密度平均値は1.260 g/cm³で、2016年および2015年を上回っているが、5YAとは同水準である。
- 完全粒平均値（89.9%）は2016年、2015年および5YAを下回っている。完全粒の割合が低下した理由の一つとして、穀粒のサイズが大きくなり、より小さなものと比較すると穀粒構造が脆弱になったことが考えられる。
- 硬胚乳平均値（81%）は2016年および2015年を上回っているが、5YAをわずかに下回る。このことは、過去2年よりも穀粒が硬いことを示唆している。

マイコトキシン

- 2017年トウモロコシサンプルのうち2点を除くすべて、すなわちサンプル全体の98.9%の試験結果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20ppbを下回っている。
- 2017年の試験対象となったトウモロコシのサンプルの100%がFDAのデオキシニバレノール(DON)の勧告レベルである5ppmを下回っている（2016年および2015年と同水準）。加えて、試験対象サンプルの90.0%が米国農務省(USDA)の連邦穀物検査部(FGIS)の「低準拠レベル」を下回っており、2016年の割合を大幅に上回っている。この上昇は、2016年と比較して2017年はDONが発生し難い、望ましい天候条件であったことに起因すると考えられる。





アメリカ穀物協会の2017/2018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イエローコモディティ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の理解の一助となる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7度目となりました。7年分の結果から、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。

2017年の春は米国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、様々な地域が季節外れの降雪や大雨に見舞われました。こうした要因により作付と発芽が遅れました。概ね発芽が5年平均（5YA）より遅れ、生育期は降雨量が多かったため、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、60~68%が「良い」または「とても良い」の状態にあると評価される作柄となり、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」の生育状況の評価は2015年とほぼ同水準です。コーンベルト地帯全域において、7月の気温は平均以上となり、8月は低温となり、そのため通常的环境熱や干ばつストレスが軽減され、登熟期が長期化しました。加えて、9月の平均を上回る気温により作物が登熟を続けることで主に油分が増加したため、穀粒の重量および容積が増加し、成熟が遅れました。

今年の成熟の遅れと多雨のために、適切な時期の収穫や圃場での乾燥が妨げられた地域もあり、その結果、穀粒の水分含量が多くなった地域もありました。全体として、2017期は収穫が遅れ、水分含量の平均値は5YAを上回りました。ただし、総損傷のレベルは低いままであり、昨年および5YAを下回り、アフラトキシンやデオキシニバレノール（DON）の発生はほとんどありませんでした。全体として2017年の天候は、高収量に結び付

き、穀粒の容積重平均値は高く、サイズは大きく、油分含量は高くなりました。完全粒の割合は、過去数年を下回りましたが、破損粒およびストレスクラックは5YAとほぼ同水準で推移しました。真の密度および硬胚乳は、昨年を上回ったものの、5YAとは同水準となりました。

観測されたこうした特徴はこの7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2017/2018年収穫時報告書は、2017/2018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。サンプルの約79%がNo. 1等級の要件をすべて満たし、95.1%がNo. 2等級の要件を満たしています。低い総損傷レベルは保管に適していますが、水分含量が高くばらつきもあることから、安全に保管するためには監視や適切な換気に注意を払うことが必要であることを示唆しています。

7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2017/2018年*収穫時報告書*の内容は、トウモロコシを生産・輸出するトップ12州内の特定の地域から入手した627件のイエローコモディティ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で構成されるガルフ 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で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で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。

収穫時に測定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、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、2017/2018年収穫時報告書は、追って2018年前半に発表される予定のアメリカ穀物協会発行2017/2018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。従来通り、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いずれの品質ファクター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、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

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2017/18年収穫時報告書では、過去5年の収穫時報告書(2012/13年、2013/14年、2014/15年、2015/16年、2016/17年および2017/18年)の品質ファクター平均値および標準偏差の単純平均値を新たに採用しました。この単純平均値は米国集計と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。

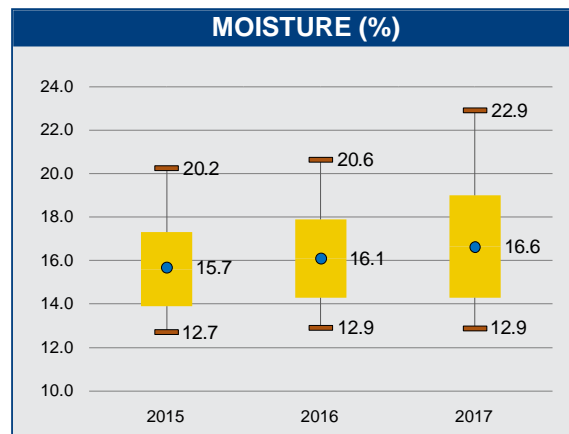
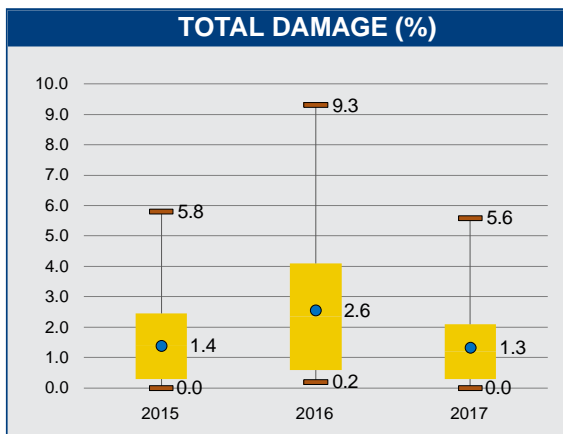
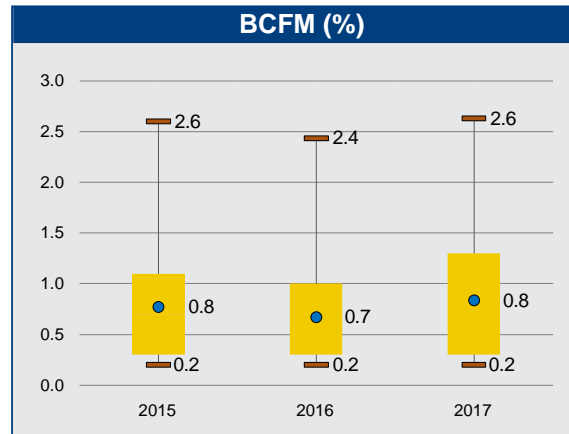
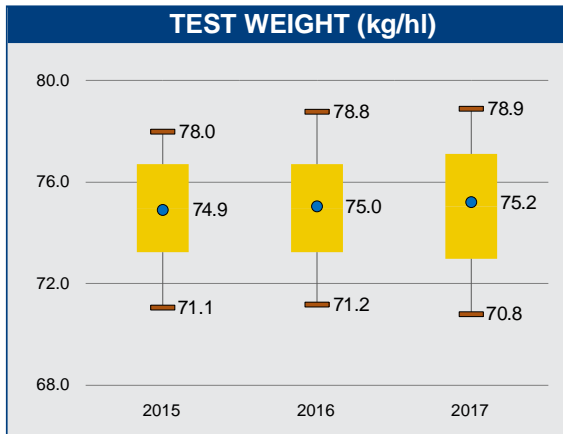
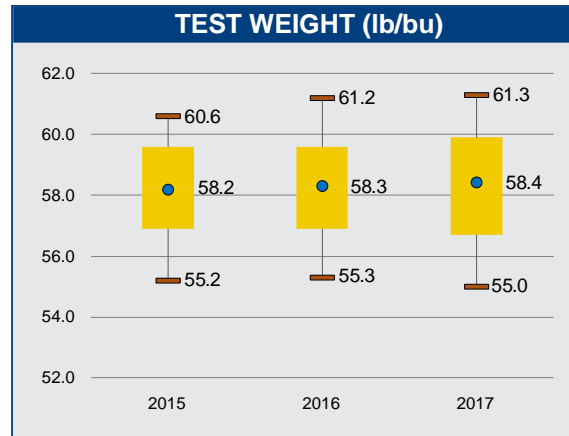
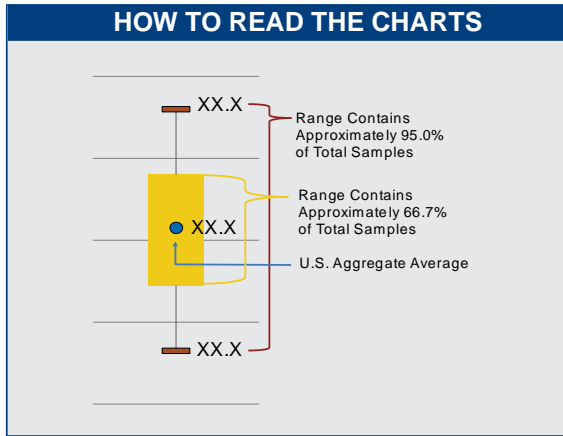
A. 等級ファクター

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。「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。

概要：等級ファクターおよび水分含量

- 容積重の米国集計平均値 (58.4 lb/bu または 75.2 kg/hl) は 2016 年、2015 年および 5YA をわずかに上回っている。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値はいずれの ECA でも No.1 等級の下限値を上回っている。
- 破損粒 & 異物 (BCFM) の米国集計平均値 (0.8%) は 2016 年を上回り、2015 年および 5YA と同水準で、米国 No.1 等級の上限値を大幅に下回っている。
- BCFM のレベルはトウモロコシのサンプルの大半 (97.9%) が No.2 等級に認められる上限値の 3% 以下である。
- BCFM 平均値の ECA 間の差は 0.1% 未満である。
- 米国集計の破損粒平均値 (0.6%) は昨年を上回り、2015 年および 5YA と同水準である。
- 異物の米国集計の平均値 (0.2%) は昨年を上回り、2015 年および 5YA と同水準である。
- 2017 年の総損傷率の米国集計平均値は 1.3% で、2016 年、2015 年および 5YA を下回るが、それでも No.1 等級の限界値 (3%) を大幅に下回っている。サンプルの 90.4% が損傷粒率 3% 以下である。
- 2017 年、2016 年、2015 年および 5YA では、米国北西部 ECA の総損傷が最も低く、ガルフ ECA の総損傷が最も高い。全 ECA の総損傷平均値は、米国 No.2 等級の上限値 (5.0%) 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 2016 年、2015 年および 5YA と同じである。
- 2017 年の水分含量の米国集計平均値 (116.6%) は 2016 年、2015 年および 5YA を上回る。
- 2017 年のガルフ ECA の水分含量平均値 (17.0%) は米国北西部 ECA (16.1%) および南部鉄道網 ECA (15.8%) を上回っている。ガルフ ECA の 2017 年、2016 年、2015 年および 5YA の水分含量平均値は全 ECA の中で最も高いか同率 1 位である。
- 2017 年のトウモロコシには、2016 年および 2015 年よりも水分含量が多いトウモロコシがあった。サンプルの 36.2% が 17% を超える水分を含むが、この割合は 2016 年では 29% および 2015 年では 19% だった。分布をみると、2017 年は過去 2 年より乾燥が必要だったことが示されている。
- 2017 年の水分含量が 2016 年を含む過去数年を上回るため、保管中は、カビが発生しないように、水分レベルを十分に低くして監視・維持する配慮が求められる。





容積重

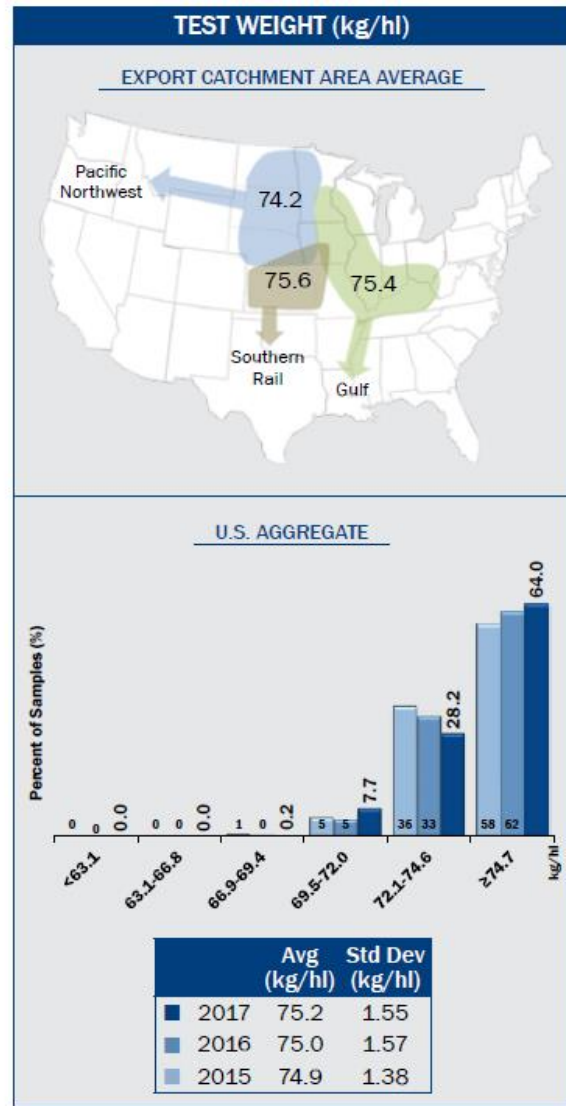
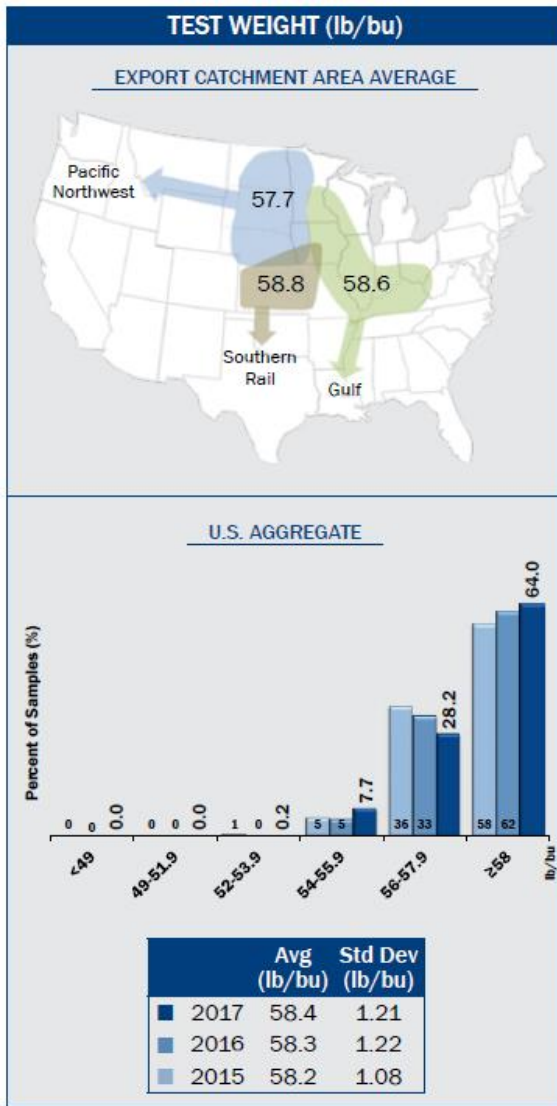
容積重（容積当たりの重量）はかさ密度を表すもので、全体的な品質を示す一般的な指標として、また、アルカリ処理やドライミリング処理する場合の胚乳の硬度を示す目安としてよく用いられます。容積重が高いトウモロコシは容積重が低い同じ重量のトウモロコシよりも少ないスペースで保管することができます。容積重は最初に遺伝子による穀粒の構造の違いの影響を受けます。他にも、水分含量や乾燥方法、トウモロコシ粒の物理

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にあり、穀粒の硬さと成熟度を反映します。

結果

- 2017年の容積重の米国集計平均値（58.4 lb/bu または 75.2 kg/hl）は2016年（58.3 lb/bu または 75.0 kg/hl）、2015年（58.2 lb/bu または 74.9 kg/hl）および5YA（58.1 lb/bu または 74.8 kg/hl）をわずかに上回っている。
- 2017年の容積重の米国集計平均値はNo.1等級の下限値（56 lb/bu）を大幅に上回っている。
- 2017年の容積重の米国集計の標準偏差（1.21 lb/bu）は2016年（1.22 lb/bu）および5YA（1.27 lb/bu）とほぼ同水準だが、2015年（1.08 lb/bu）を上回る。
- 2017年の収穫時サンプルの値のばらつき幅（10.6 lb/bu）は2016年（10.4 lb/bu）とほぼ同水準であるが、2015年（8.1 lb/bu）を上回る。
- 2017年の容積重の分布をみると、サンプルの92.2%がNo.1等級ファクターの限界値（56 lb/bu）以上であった。この分布は2016年（95%）および2015年（94%）とほぼ同水準である。2017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99.8%で、2016年は100%、2015年は99%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（58.8 lb/bu）の容積重平均値が最も高い。2017年、2016年、2015年および5YAのいずれでも、米国北西部ECAの容積重（57.7 lb/bu）が最も低い。
- 2017年容積重が最も低いのは米国北西部ECAであるが、ガルフECA（1.18 lb/bu）および南部鉄道網ECA（1.21 lb/bu）を上回る標準偏差（1.28 lb/bu）で示されるように、ばらつきが最も大きい。

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





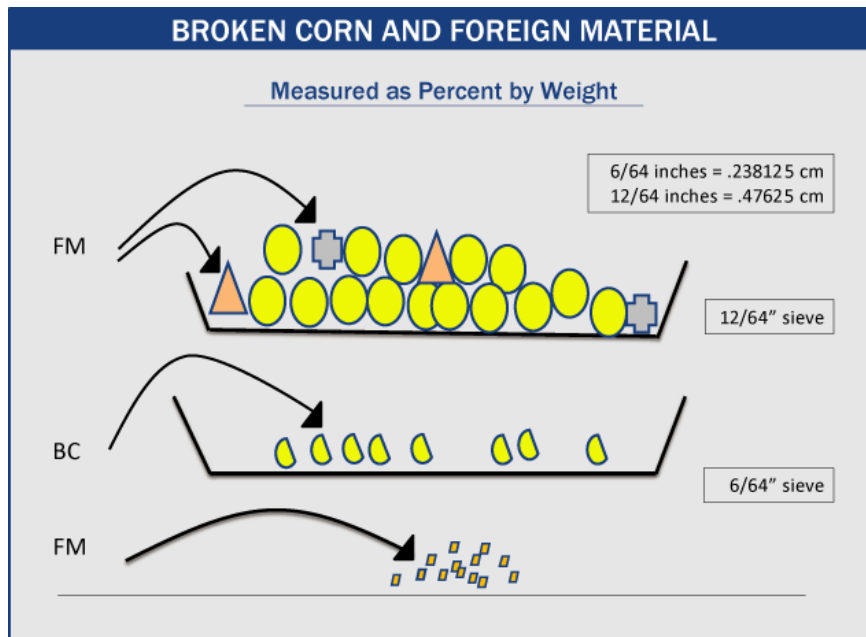
破損粒&異物 (BCFM)

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 インチの丸孔篩を通過するほど小さく、目開き 6/64 インチの丸孔篩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。

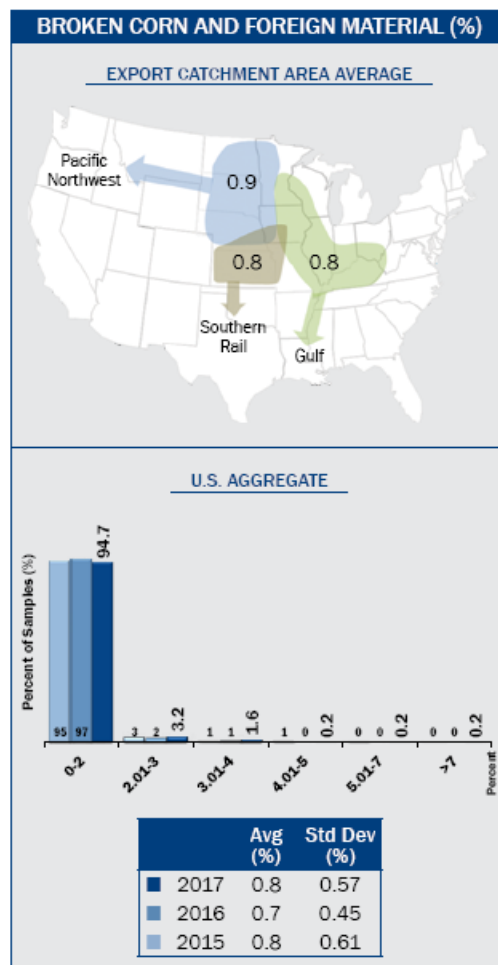
異物 (FM) は目開き 12/64 インチの丸孔篩を通過しない大きな物質でトウモロコシ以外のものや、目開き 6/64 インチの丸孔篩を通過するすべての小さな物質と定義されています。

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

- 2017年の米国集計のBCFM平均値（0.8%）は、2016年（0.7%）をわずかながら上回り、2015年および5YA（いずれも0.8%）と同水準で、米国No.1等級の上限値（2.0%）を大幅に下回っている。
- 2017年BCFMのばらつきは、標準偏差（0.57%）でみると、2016年（0.45%）をわずかに上回り、2015年（0.61%）を下回り、5YA（0.54%）とほぼ同水準である。
- 2017年のBCFMの最大値と最小値の幅（7.3%）は2016年（4.0%）を上回り、2015年（11.9%）を下回っている。
- 2017年のサンプルの分布は、米国No.1等級のBCFMの最大値（2%）を下回っているのは94.7%で、対し2016年サンプルでは97%、2015年は95%である。サンプルのほぼすべて（97.9%）がNo.2等級のBCFMの上限値である3%以下である。
- ガルフECA（0.8%）、米国中西部ECA（0.9%）および南部鉄道網ECA（0.8%）は、0.1%の違いしかない。各ECA間のBCFM平均値の差は、2016年、2015年および5YAで、それぞれ、0.0%、0.1%および0.1%である。



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



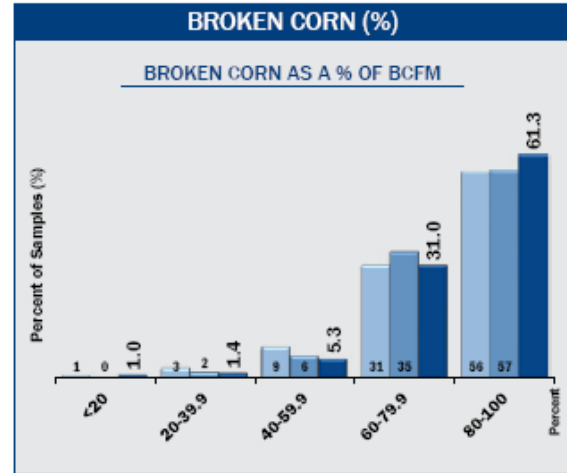
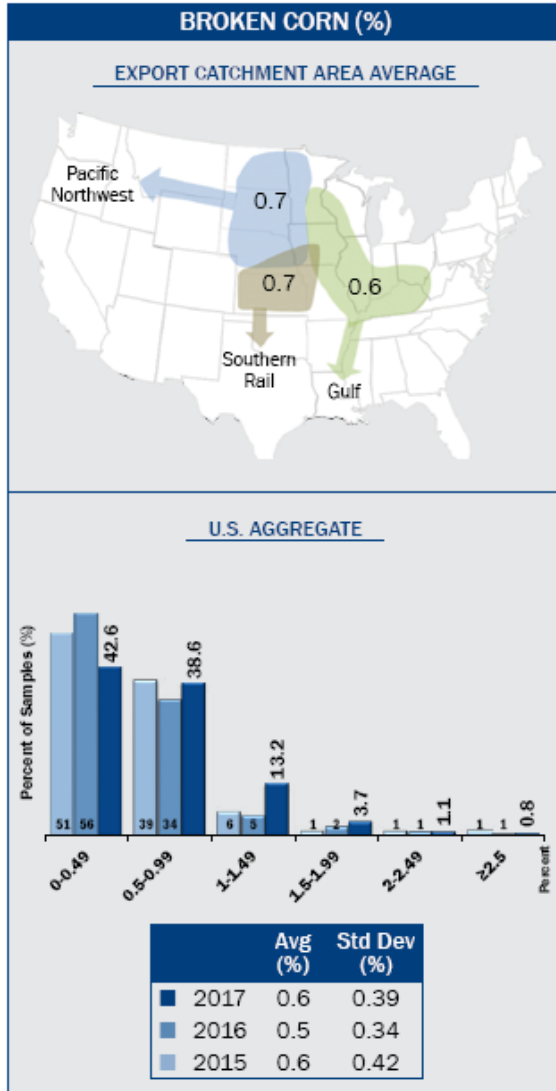
破損粒

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

- 2017年の米国集計のサンプルでは破損粒平均値は0.6%で、2016年(0.5%)を上回り、2015年および5YA(いずれも0.6%)と同水準である。
- 2017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とほぼ同水準である。2017年、2016年、2015年および5YAの標準偏差はそれぞれ0.39%、0.34%、0.42%および0.40%である。
- 2017年の破損粒の値のばらつきの幅(3.5%)は2016年(3.8%)および2015年(7.5%)より狭い。
- 2017年のサンプル分布では破損粒1.0%以上のものが18.8%となっており、対し2016年および2015年は9%であった。2017年の破損粒1%以上のサンプルの割合がこのように高いのは、2017年の収穫の成績に加えて、2016年および2015年をわずかに上回る2017年のストレスクラックの割合およびSCIによるものと考えられる。
- ガルフECA、米国北西部ECAおよび南部鉄道網ECA(それぞれ0.6%、0.7%および0.7%の平均値)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、61.3%のサンプルでBCFMが80%を超える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とほぼ同水準である。





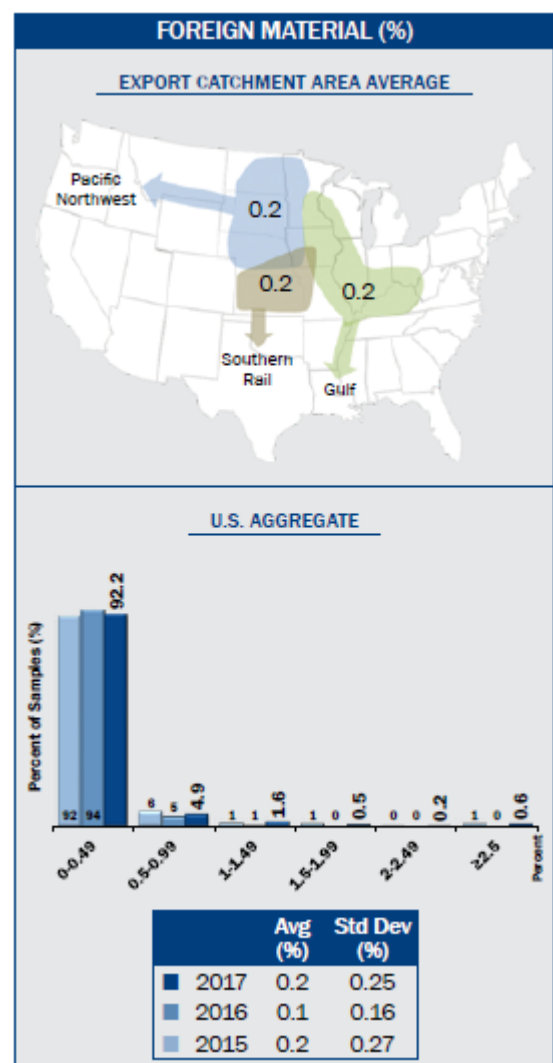
異物

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）スパウトラインに関与しています。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

- 2017年の米国集計のサンプルの異物の平均値は0.2%で、2016年（0.1%）を上回り、2015年および5YA（いずれも0.2%）と同水準であった。コンバインは非常に小さな物質を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、2017年の米国集計のサンプル（0.25%）は2016年（0.16%）を上回るが、2015年（0.27%）および5YA（0.21%）とほぼ同水準である。
- 2017年のサンプルの異物の値のばらつき幅（0.0~6.3%）は2016年（0~1.6%）および2015年（0.0~4.5%）より広い。
- 2017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92.2%で、基本的に2016年（94%）および2015年（92%）と同水準である。
- いずれのECA地域でも2017年の異物の平均値は0.2%であり、いずれも0.2%以下であった2016年、2015年および5YAと同水準である。



総損傷

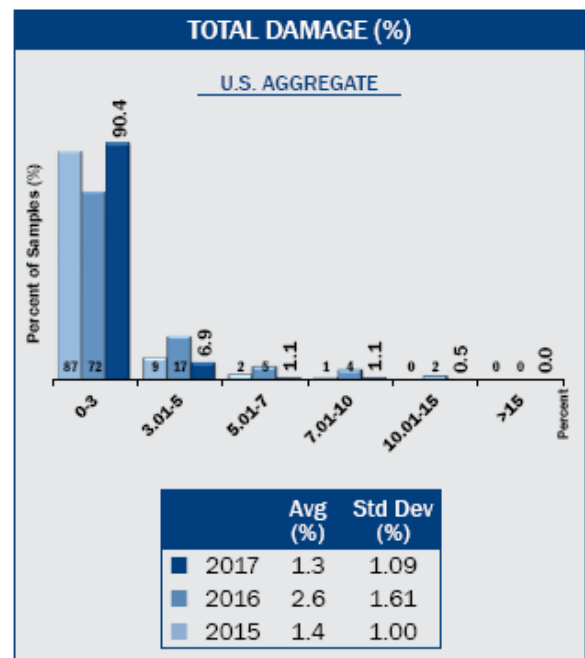
総損傷率とは、熱や霜、害虫、発芽、病害、天候、土壌、細菌、カビに起因する損傷を含め、どのようなかたちであれ、目視検出可能な被害や損傷のある穀粒とそのかけらの割合です。こうした種類の損傷の大半は一種の退色や穀粒の質感の変化を引き起こします。割れてかけらになっていること以外に外観上の異常が見られない穀粒のかけらは損傷粒に含めません。

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

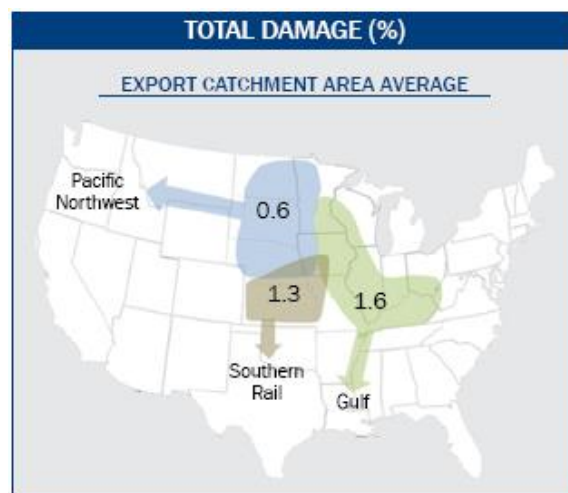
す。ディプロディア属、アスペルギルス属、フザリウム属、ジベレラ属等、圃場のカビ菌は複数あり、気象条件がこうした菌の発生に適している場合には、生育期間中のカビ被害に結びつくことがあります。カビ被害の原因となる菌類の中にはマイコトキシンを産生するものがありますが、すべての菌類がマイコトキシンを産生するわけではありません。トウモロコシを乾燥させ、冷却して低温にすると、カビの発生する可能性は減ります。

結果

- 2017年の米国集計の総損傷平均値（1.3%）は2016年（2.6%）、2015年（1.4%）および5YA（1.5%）を下回っている。2017年の総損傷平均値は米国 No.1 等級の限界値（3%）を大幅に下回っている。
- 標準偏差による2017年の総損傷値のばらつき（1.09%）は2016年（1.61%）を下回っているが、2015年（1.00%）および5YA（1.11%）とほぼ同水準である。
- 2017年の総損傷値のばらつき幅（0.0~13.6%）は、2016年（0.0~23.1%）を下回っているが、2015年（0.0~13.2%）とほぼ同水準である。
- 2017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2016年を上回るが2015とほぼ同水準である。
- 2017年サンプルの総損傷は、損傷粒が3%以下のサンプルが90.4%、5%以下では97.3%で分布しているが、これは2016年ではそれぞれ72%と89%であり、2015年では87%と96%である。



- ECA 別に総損傷平均値を見ると、ガルフ ECA は 1.6%、米国北西部 ECA が 0.6%、南部鉄道網 ECA が 1.3% で、2017 年、2016 年、2015 年および 5YA のいずれにおいても、米国北西部 ECA の総損傷平均値が最も低く、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%）を大幅に下回っている。



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

- 2016 年、2015 年および 5YA 同様、2017 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、サンプルが圃場から直接エレベーターに輸送されてきた直後で、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%

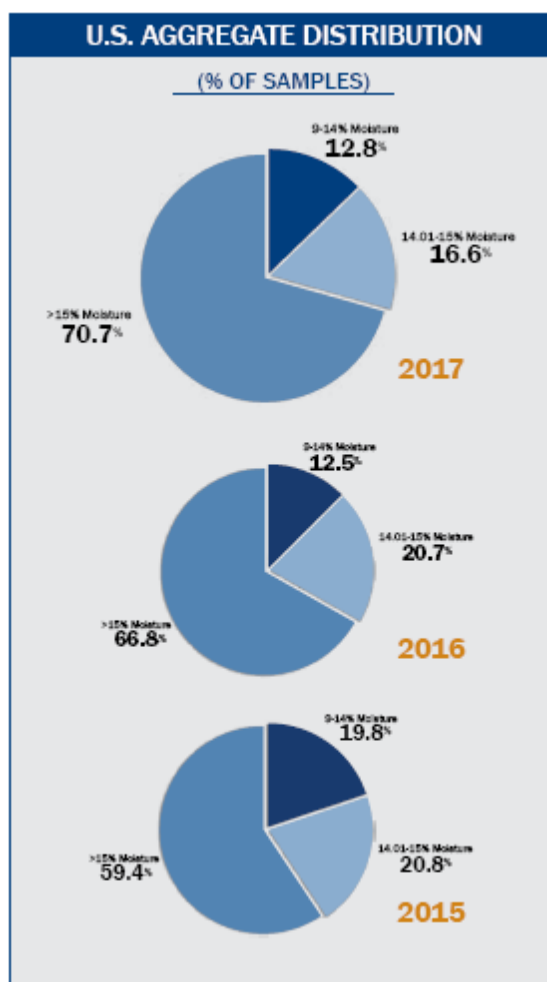
B. 水分含量

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ンクや破損、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収量、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

- 2017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の水分含量平均値は16.6%で、2016年(16.1%)、2015年(15.7%)および5YA(16.2%)を上回っている。
- 2017年米国集計の水分含量の標準偏差(1.90%)は2016年(1.47%)および2015年(1.53%)を上回るが、5YA(1.76%)とほぼ同水準であり、2017年のばらつきが2016年よりも大きいと5YAとほぼ同水準であることを示している。
- 2017年サンプルの水分含量のばらつき幅(9.0~24.4%)は、2016年(11.2~23.7%)および2015年(11.0~23.5%)を上回っている。
- 2017年は水分含量が15%以下のサンプルが29.3%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。

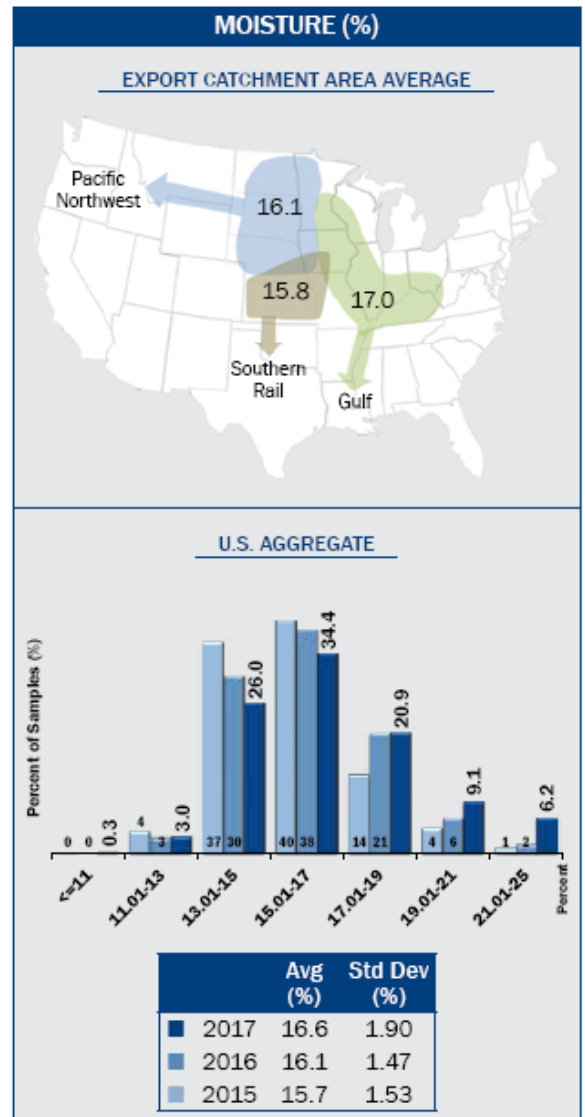


¹ MWPS-13. 1988. 「穀物の乾燥、取り扱いおよび保管についてのハンドブック」 Midwest Plan Service No. 13. アイオワ州立大学 Ames, IA 50011.

² 水分含量が15%以下のサンプルの割合は円グラフで29.4%、柱グラフでは29.3%となっている。この差は単なる丸め誤差である。



- 2017 年は 2016 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 36.2%で、これに対し 2016 年は 29%、2015 年は 19%だった。2017 年のこの分布は 2016 年および 2015 年よりも乾燥の必要性が高いことを示唆している。
- 2016 年の 12.5%および 2015 年の 19.8%に対し、2017 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 12.8%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水分含量平均値（17.0%）は米国北西部 ECA（16.1%）および南部鉄道網 ECA（15.8%）を上回っている。
- 2017 年、2016 年、2015 年および 5YA のいずれでも、ガルフ ECA の水分含量平均値はすべての 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。
- 2017 年の水分含量は 2016 年を上回り、過去数年も上回っているため、今後カビが発生しないよう監視し、水分レベルを低く維持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

	2017収穫					2016 収穫			2015収穫			5年平均 (2012-2016)			
	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)	627	58.4	1.21	52.1	62.7	624	58.3	1.22	620	58.2*	1.08	58.1	1.27		
容積重 (kg/hl)	627	75.2	1.55	67.1	80.7	624	75.0	1.57	620	74.9*	1.38	74.8	1.64		
BCFM (%)	627	0.8	0.57	0.0	7.3	624	0.7*	0.45	620	0.8	0.61	0.8	0.54		
破損粒 (%)	627	0.6	0.39	0.0	3.5	624—	0.5*	0.34	620	0.6*	0.42	0.6	0.40		
異物 (%)	627	0.2	0.25	0.0	6.3	624	0.1*	0.16	620	0.2	0.27	0.2	0.21		
総損傷 (%)	627	1.3	1.09	0.0	13.6	624	2.6*	1.61	620	1.4	1.00	1.5	1.11		
熱損傷 (%)	627	0.0	0.00	0.0	0.0	624	0.0	0.00	620	0.0	0.00	0.0	0.00		
水分含量 (%)	627	16.6	1.90	9.0	24.4	624	16.1*	1.47	620	15.7*	1.53	16.2	1.76		
ガルフ						ガルフ				ガルフ			ガルフ		
容積重 (lb/bu)	612	58.6	1.18	52.1	62.7	612	58.4*	1.24	577	58.3*	1.10	58.3	1.28		
容積重 (kg/hl)	612	75.4	1.52	67.1	80.7	612	75.1*	1.59	577	75.0*	1.41	75.0	1.65		
BCFM (%)	612	0.8	0.58	0.0	7.3	612	0.7*	0.45	577	0.8	0.63	0.8	0.53		
破損粒 (%)	612	0.6	0.39	0.0	3.5	612	0.5*	0.34	577	0.5*	0.41	0.6	0.40		
異物 (%)	612	0.2	0.27	0.0	6.3	612	0.2*	0.17	577	0.2	0.30	0.2	0.20		
総損傷 (%)	612	1.6	1.33	0.0	13.6	612	3.2*	1.88	577	1.7	1.17	1.8	1.31		
熱損傷 (%)	612	0.0	0.00	0.0	0.0	612	0.0	0.00	577	0.00	0.00	0.0	0.00		
水分含量 (%)	612	17.0	2.06	9.0	24.4	612	16.2*	1.48	577	15.7*	1.51	16.5	1.82		
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)	291	57.7	1.28	52.1	62.7	301	58.0*	1.19	329	57.9*	1.02	57.6	1.26		
容積重 (kg/hl)	291	74.2	1.65	67.1	80.7	301	74.6*	1.53	329	74.6*	1.31	74.1	1.63		
BCFM (%)	291	0.9	0.55	0.1	4.2	301	0.7*	0.45	329	0.8	0.66	0.9	0.60		
破損粒 (%)	291	0.7	0.40	0.1	3.0	301	0.6*	0.35	329	0.6	0.48	0.7	0.43		
異物 (%)	291	0.2	0.23	0.0	3.9	301	0.1*	0.13	329	0.2	0.25	0.2	0.23		
総損傷 (%)	291	0.6	0.49	0.0	7.2	301	1.0*	0.75	329	0.5	0.53	0.6	0.54		
熱損傷 (%)	291	0.0	0.00	0.0	0.0	301	0.0	0.00	329	0.00	0.00	0.0	0.00		
水分含量 (%)	291	16.1	1.78	11.3	24.4	301	15.9	1.50	329	15.7*	1.55	15.6	1.66		
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)	393	58.8	1.21	52.1	62.7	395	58.5*	1.22	402	58.4*	1.08	58.4	1.27		
容積重 (kg/hl)	393	75.6	1.56	67.1	80.7	395	75.4*	1.57	402	75.1*	1.38	75.1	1.63		
BCFM (%)	393	0.8	0.52	0.1	4.2	395	0.7*	0.43	402	0.7*	0.46	0.8	0.50		
破損粒 (%)	393	0.7	0.39	0.0	3.5	395	0.5*	0.31	402	0.5*	0.32	0.6	0.36		
異物 (%)	393	0.2	0.19	0.0	3.9	395	0.2*	0.16	402	0.2	0.20	0.2	0.20		
総損傷 (%)	393	1.3	0.97	0.0	13.6	395	2.5*	1.78	402	1.5*	1.01	1.4	1.03		
熱損傷 (%)	393	0.0	0.00	0.0	0.0	395	0.0	0.00	402	0.00	0.00	0.0	0.00		
水分含量 (%)	393	15.8	1.48	9.8	24.1	395	15.7	1.35	402	15.6*	1.57	15.7	1.59		

* 95%の有意水準の両側検定により、2016年の平均値は2017年と有意に異なり、2015年の平均値は2017年と有意に異なることが示されている。

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



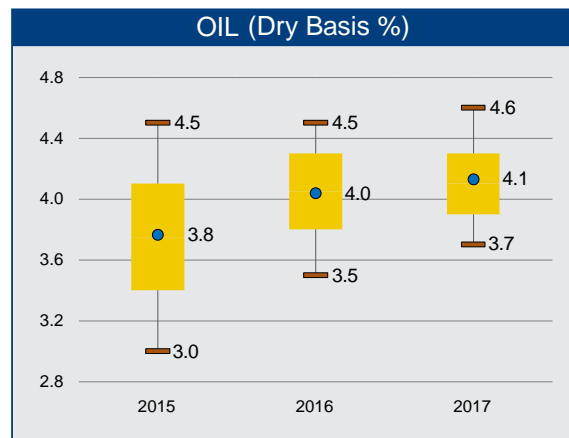
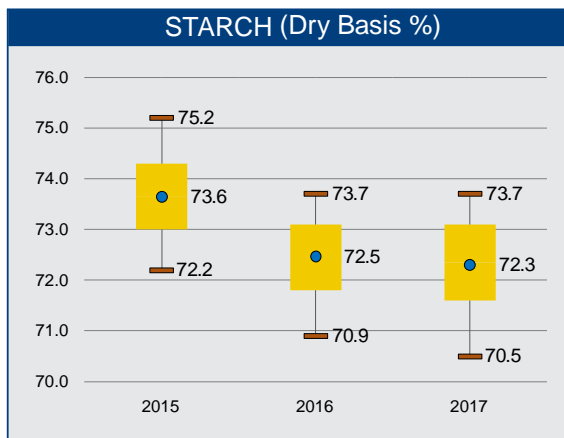
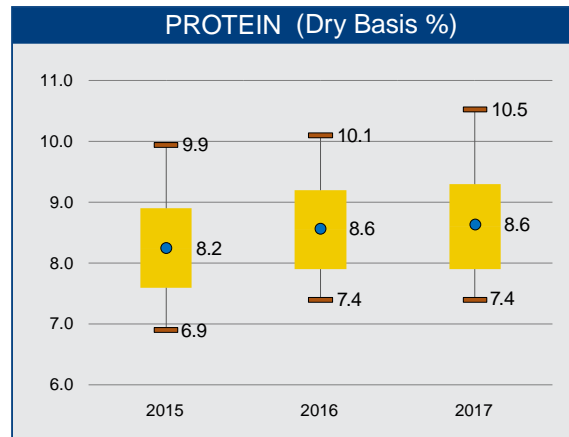
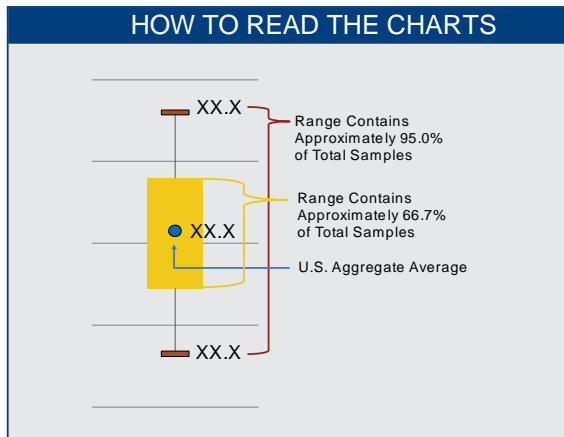
C.化学組成

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。

概要：化学組成

- 2017年の米国集計のタンパク質含有率平均値（乾物ベース 8.6%）は2016年と同水準で、2015年を上回るが、5YAとほぼ同水準である。
- 2017年、2016年、2015年および5YAのいずれでも、米国北西部 ECA のタンパク質含有率は、他の ECA の値を上回っている。
- 2017年の米国集計のデンプン質含有率平均値（乾物ベース 72.3%）は2016年とほぼ同水準だが、2015年および5YAを下回っている。
- 2017年、2016年、2015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。
- 2017年の米国集計の油分含有率平均値（乾物ベース 4.1%）は2016年、2015年および5YAを上回っている。
- 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。



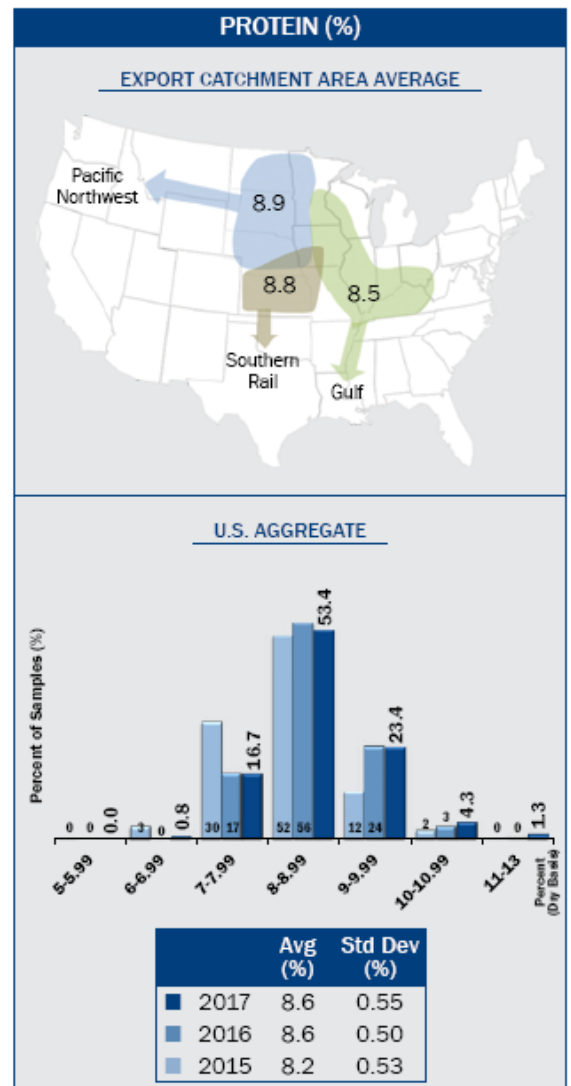
タンパク質

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

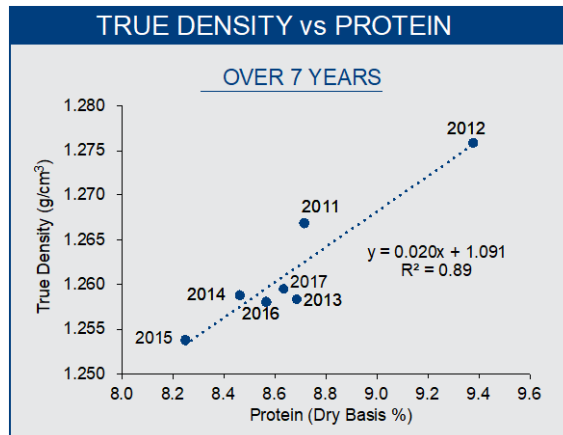
の含有率は、通常、デンプンの含有率と負の相関関係にあります。報告結果は乾物ベースの値です。

結果

- 2017年の米国集計のタンパク質含有率平均値は8.6%で、2016年と同水準、2015年（8.2%）を上回り、5YA（8.7%）をわずかに下回っている。
- 2017年の米国集計のタンパク質含有率の標準偏差平均値（0.55%）は、2016年（0.50%）および2015年（0.53%）と同水準だが、5YA（0.58%）を下回っている。
- 2017年のタンパク質含有率のばらつき幅（6.4~12.2%）は、2016年（6.8~11.7%）および2015年（5.6~11.3%）とほぼ同水準である。
- 2017年のタンパク質含有率の分布では、8.0%未満のものが17.5%、8.0%~8.99%のものが53.4%、9.0%以上のものが29.0%を占めている。2017年のタンパク質含有率分布は、2016年とほぼ同水準で、2015年よりも8%未満のタンパク質含有率の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%、8.9%、8.8%である。2017年、2016年、2015年および5YAのいずれでも米国北西部ECAのタンパク質の値が最も高い。



- 右の図に示すように、過去7年の米国集計の平均値から、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）。通常、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。





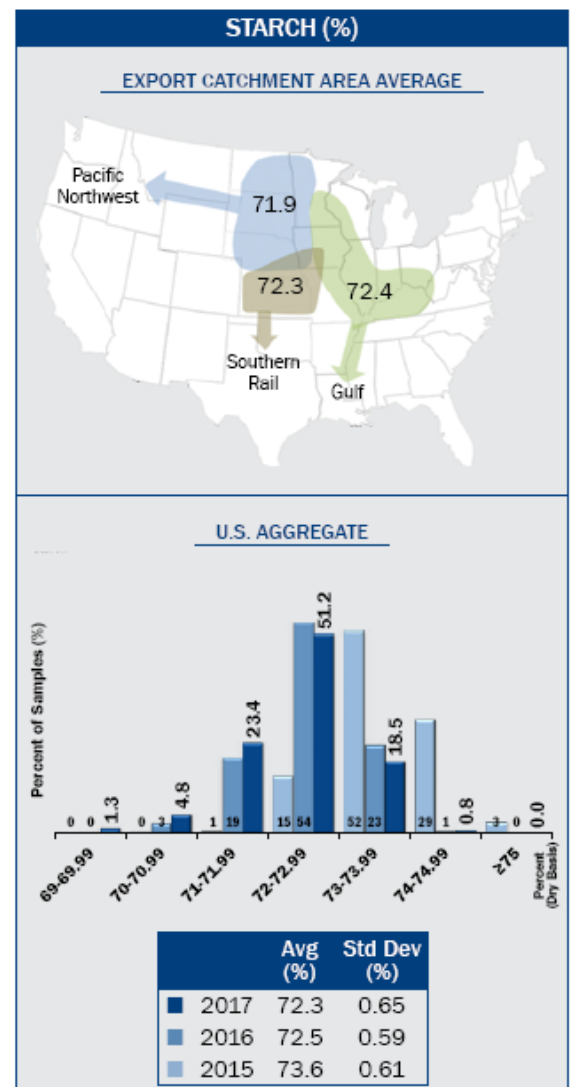
デンプン

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

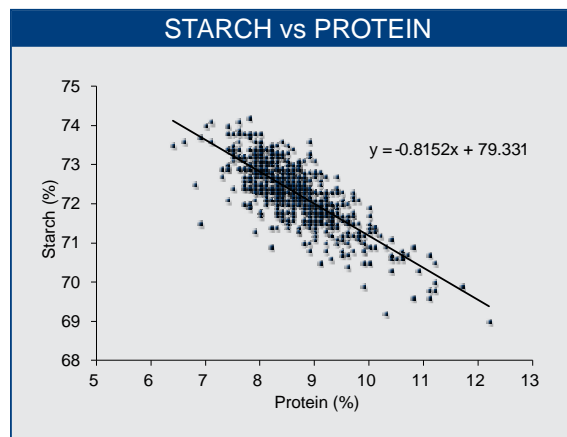
粒密度も適度であることを示唆します。通常、デンプン含有率はタンパク質含有率と負の相関関係にあります。報告結果は乾物ベースの値です。

結果

- 2017年の米国集計のデンプン含有率の平均値（72.3%）は、2016年（72.5%）とほぼ同水準だが2015年（73.6%）および5YA（73.2%）を下回っている。
- 2017年の米国集計のデンプン標準偏差の値（0.65%）は2016年（0.59%）、2015年（0.61%）および5YA（0.63%）と同水準である。
- 2017年のデンプン含有率のばらつき幅（69.0~74.2%）は、2016年（69.2~74.3%）および2015年（70.5~76.3%）とほぼ同水準である。
- 2017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29.5%を占め、72.0~72.99%のものが51.2%、73.0%以上のものが19.3%を占めている。この分布は2017年が2016年とほぼ同水準だが、2015年よりもデンプン含有率が低いサンプル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 のデンプン含有率平均値はそれぞれ 72.4%、71.9%および 72.3%である。ガルフ ECA のデンプン平均値は 2017 年、2016 年、2015 年および 5YA のいずれでも最も高い。従って、2017 年、2016 年、2015 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 (-0.78) があることが分かる。



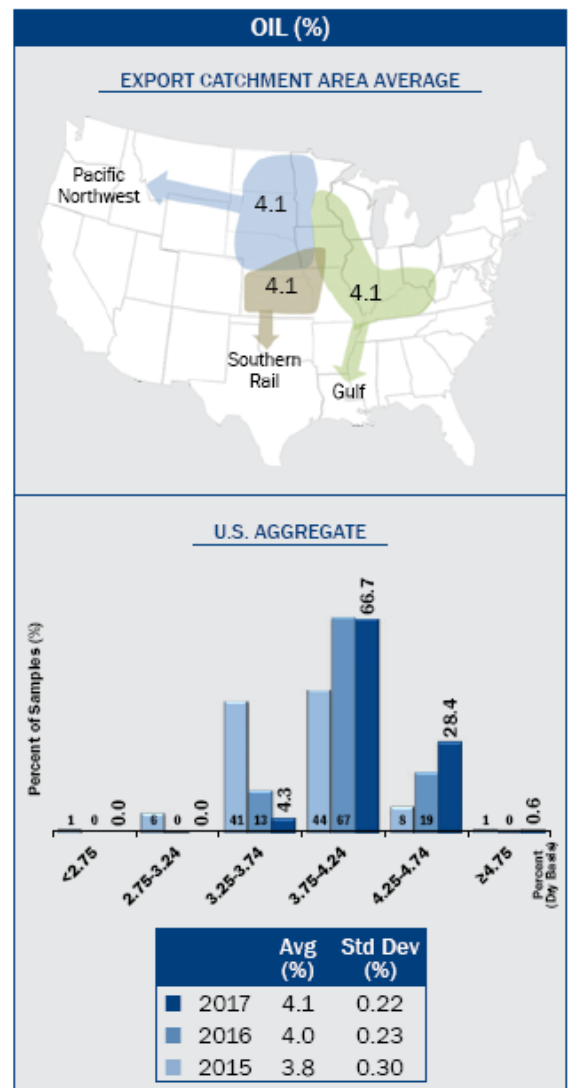
油分

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

- 2017年の米国集計の油分含有率の平均値（4.1%）は2016年（4.0%）、2015年（3.8%）および5YA（3.8%）を上回っている。
- 2017年の米国集計の油分含有率の標準偏差（0.22%）は2016年（0.23%）とほぼ同水準だが、2015年（0.30%）および5YA（0.30%）をわずかに下回っている。
- 2017年の油分含有率のばらつき幅（3.3~5.5%）は2016年（3.2~4.9%）および2015年（2.5~5.4%）とほぼ同水準である。
- 2017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4.3%を占め、3.75%~4.24%のものが66.7%、4.25%以上のものが29.0%を占めている。この分布により、2017年では、油分含有率が4.25%以上のサンプル数が2016年および2015年を上回ることがわかる。
- 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いずれも 4.1%である。



まとめ: 化学的ファクター

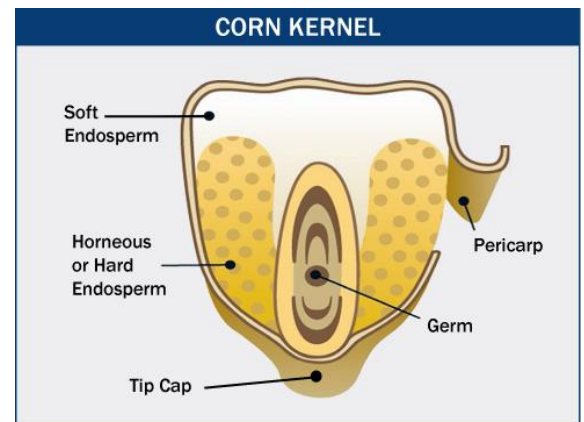
	2017 収穫					2016収穫			2015収穫			5年平均 (2012-2016)		
	サンプル 数 ¹	平均	標準 偏差	最小	最大	サンプル数 1	平均	標準 偏差	サンプル数 ¹	平均	標準 偏差	平均	標準偏差	
米国集計						米国集計			米国集計			米国集計		
タンパク質 (乾物ベース %)	627	8.6	0.55	6.4	12.2	624	8.6*	0.50	620	8.2*	0.53	8.7	0.58	
デンプン (乾物ベース%)	627	72.3	0.65	69.0	74.2	624	72.5*	0.59	620	73.6*	0.61	73.2	0.63	
油分(乾物ベース%)	627	4.1	0.22	3.3	5.5	624	4.0*	0.23	620	3.8*	0.30	3.8	0.30	
ガルフ						ガルフ			ガルフ			ガルフ		
タンパク質 (乾物ベース %)	612	8.5	0.54	6.4	11.7	612	8.5	0.48	577	8.1*	0.52	8.6	0.57	
デンプン (乾物ベース%)	612	72.4	0.64	69.2	74.2	612	72.6*	0.59	577	73.7*	0.62	73.3	0.63	
油分(乾物ベース%)	612	4.1	0.22	3.3	5.5	612	4.0*	0.24	577	3.8*	0.32	3.8	0.31	
米国北西部						米国北西部			米国北西部			米国北西部		
タンパク質 (乾物ベース %)	291	8.9	0.58	6.9	12.2	301	8.8*	0.55	329	8.7*	0.58	8.9	0.61	
デンプン (乾物ベース%)	291	71.9	0.68	69.0	74.1	301	72.2*	0.60	329	73.5*	0.60	73.1	0.61	
油分(乾物ベース%)	291	4.1	0.21	3.3	4.7	301	4.1	0.22	329	3.7*	0.28	3.7	0.28	
南部鉄道網						南部鉄道網			南部鉄道網			南部鉄道網		
タンパク質 (乾物ベース %)	393	8.8	0.54	6.6	11.7	395	8.7*	0.51	402	8.3*	0.48	8.8	0.60	
デンプン (乾物ベース%)	393	72.3	0.62	69.6	74.1	395	72.4*	0.59	402	73.5*	0.60	73.1	0.62	
油分(乾物ベース%)	393	4.1	0.21	3.3	4.8	395	4.1*	0.23	402	3.8*	0.30	3.8	0.29	

* 95%の有意水準の両側検定により、2016年の平均値は2017年と有意に異なり、2015年の平均値は2017年と有意に異なることが示されている。

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

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



Source: Adapted from Corn Refiners Association, 2011

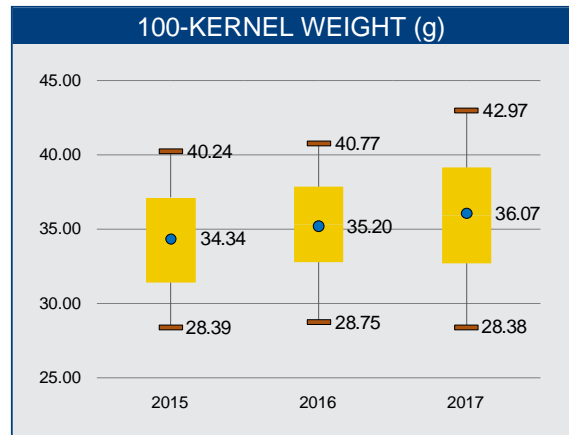
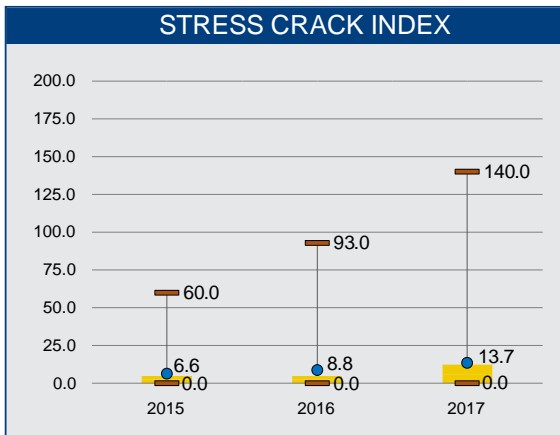
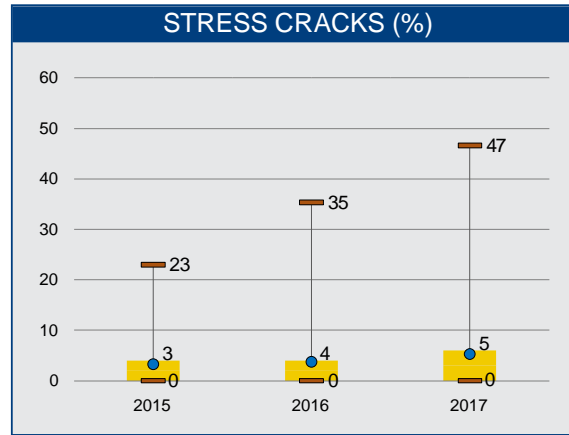
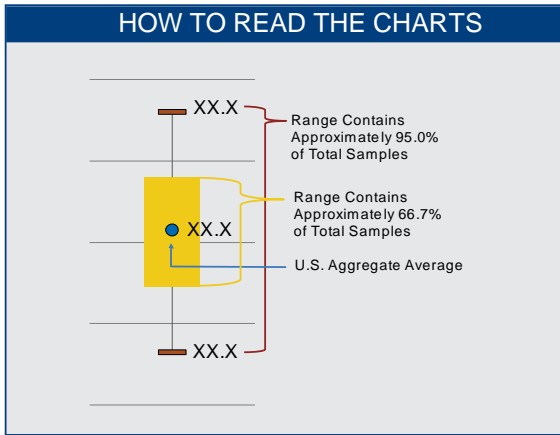
分

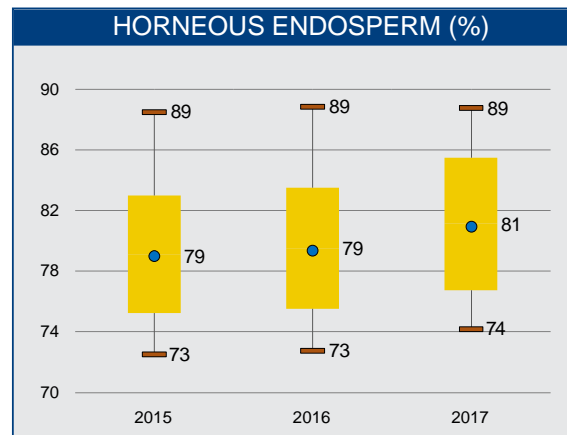
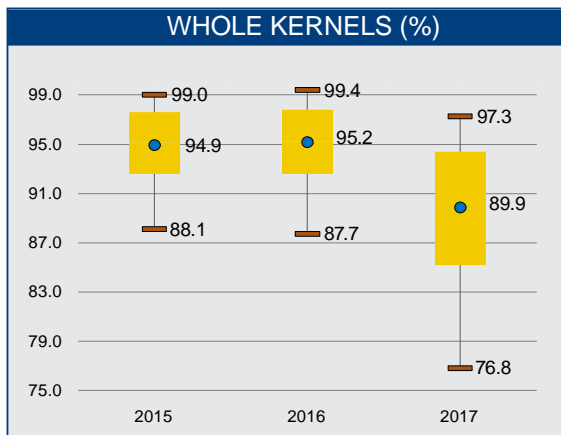
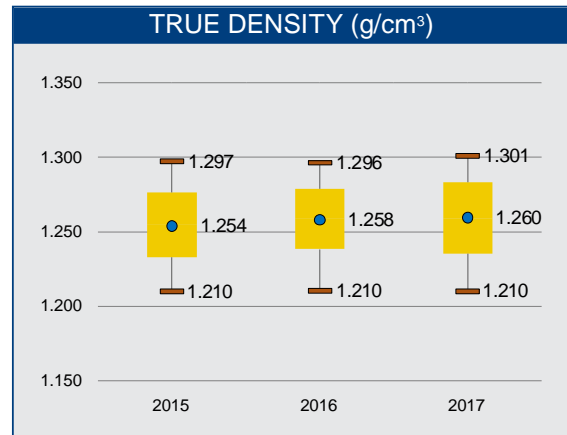
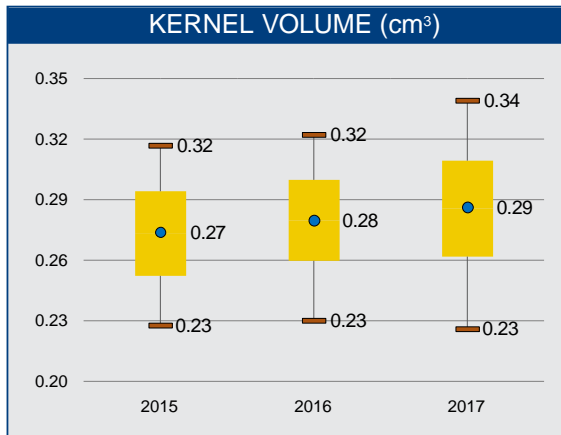
分かれています。胚乳には主にデンプンとタンパク質が、胚芽には油分と多少のタンパク質が含まれており、種皮および尖頭の大半は繊維です。



概要：物理的ファクター

- 米国集計の平均のストレスクラック（5%）およびストレスクラック指標（SCI）平均値（13.7）は2016年および2015年を上回り、トウモロコシの破損し易さが過去2年を上回ることを示唆している。
- 3ECAの中では南部鉄道網 ECA の SCI 平均値が2017年、2016年、2015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2017年、2016年および5YAで最も低い。
- 2017年の米国集計の百粒重平均値(36.07 g)は2016年、2015年および5YAを上回っている。
- 2017年の米国集計の穀粒容積平均値(0.29cm³)は2016年、2015年および5YAを上回っている。2017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。
- 2017年、2016年、2015年および5YAのいずれでも、米国北西部 ECA の百粒重平均値が3ECAの中で最も低い。
- 2017年、2016年、2015年および5YAのいずれでも、米国北西部 ECA の穀粒容積平均値が3ECAの中で最も低い。
- 2017年の米国集計の真の密度平均値は1.260 g/cm³で、2016年および2015年を上回るが、5YAとほぼ同水準である。過去7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。
- 2017年の1.275 g/cm³を上回る真の密度の穀粒分布は、2016年および2015年よりも2017年のトウモロコシの方がわずかに硬いことを示唆している。2017年、2016年、2015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。
- 2017年の米国集計の完全粒平均値は89.9%で、2016年、2015年および5YAを下回っている。
- 完全粒の割合が過去数年を下回るのは、収穫や取扱中クラック、欠けおよび損傷が起こりやすい大きな穀粒サイズも要因と考えられる。
- 米国集計の硬胚乳の平均値（81%）は2016年および2015年を上回るが、5YA（82%）をわずかに下回っている。硬胚乳率の分布は、2017年には、硬胚乳が80%未満のサンプルの割合が2016年および2015年を下回ることを示している。
- 米国集計の硬胚乳の平均値は真の密度の平均値が高い年には高くなる傾向にある。







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には、取扱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（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、複数のストレスクラックがある場合の方が品質の変化により有害な影響を及ぼします。

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

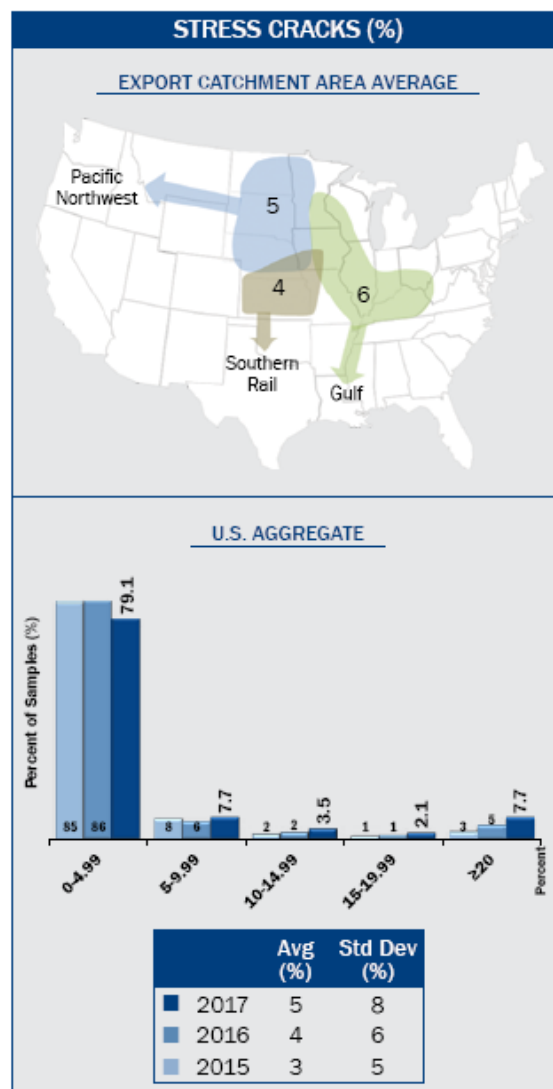
いトウモロコシでは柔らかなトウモロコシよりもストレスクラックが発生しやすくなります。トウモロコシ粒ごとにストレスクラックの程度が異なることがあり、ストレスクラックが1本だけの場合も、2本またはそれ以上の場合もあります。最も一般的なストレスクラックの原因は高温乾燥による急激な水分除去です。ストレスクラックの程度が激しいと、次のような様々な用途に影響を及ぼします。

- 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。

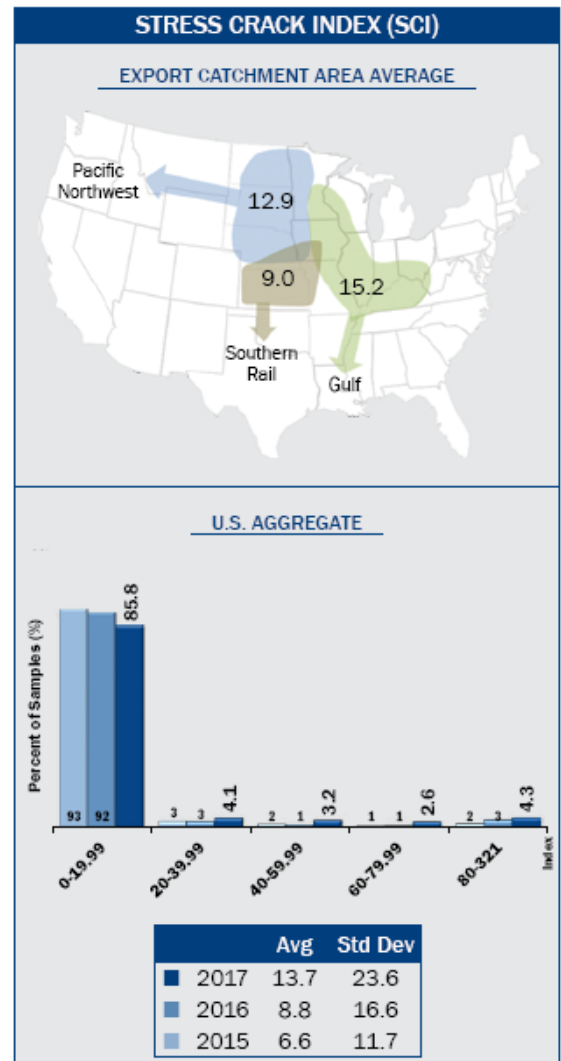
生育条件は作物の成熟度や収穫時期、人工乾燥の必要性に影響を及ぼしますが、こうした要素は地域によって異なるストレスクラックの程度にも影響を与えます。例えば、降雨による作付けの遅れや低温といった気象に関係するファクターにより成熟期や収穫期が遅れた場合には、人工的に乾燥させる必要性が高まることもあり、そのためにストレスクラックの発生も増える傾向があります。

結果

- 2017年の米国集計のストレスクラック率平均値は5%で、2016年（4%）および2015（3%）を上回るが、5YA（6%）を下回っている。
- 2017年の米国集計のストレスクラック率の標準偏差（8%）は2016年（6%）、2015年（5%）および5YA（7%）を上回っている。
- 2017年のストレスクラック率のばらつき幅は0~90%で、これに対し2016年は0~84%および2015年は0~75%と狭い。
- 2017年のストレスクラック率10%未満のサンプルの割合（86.8%）は、2016年（92%）および2015年（93%）を下回っている。また、2017年のストレスクラック率20%超のサンプルの割合は7.7%で、2016年（5%）および2015年（3%）を上回っている。
- ストレスクラック率の分布は、2017年のトウモロコシの破損し易さが2016年および2015年をわずかに上回っていることを示している。
- 2017年のストレスクラック率平均値はガルフECA、米国北西部ECAおよび南部鉄道網ECAの値がそれぞれ6%、5%、4%である。2017年、2016年、2015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。



- 2017 年米国集計の SCI 平均値は 13.7 で、2016 年 (8.8)、2015 年 (6.6) および 5YA (13.5) を上回っている。
- 2017 年の米国集計の SCI のばらつき (標準偏差は 23.6) は 2016 年 (16.6) および 2015 年 (11.7) を上回るが、5YA (21.0) とほぼ同水準である。
- 2017 年の SCI のばらつきの幅は 0~321 で、2016 年 (0~268) および 2015 年 (0~180) を上回っている。
- 2017 年のサンプル中、SCI が 40 未満のものは 89.9% で、2016 年 (95%) および 2015 年 (96%) を下回っている。2017 年のサンプルで SCI が 80 以上のものは 4.3% であるのに対し、2016 年は 3%、2015 年では 2% 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 15.2、12.9 および 9.0 である。
- 2017 年、2016 年、2015 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。
- 2017 年は、ほぼシーズンを通し、トウモロコシの 60~68% が「良い」から「とても良い」の状態を維持しており、成熟・登熟の状態も良好な結果となった。しかし、穀粒の成熟が少し遅れ、収穫が雨のために遅れた地域があったため、過去 2 年と比べて水分含量の平均値が高まり、水分含量のばらつきも大きくなった。このため、2017 年は人工乾燥がより多く必要になり、ストレスクラック率および SCI もわずかながら 2016 年および 2015 年を上回っている。それでも、ストレスクラック率および SCI は 5YA とほぼ同水準である。



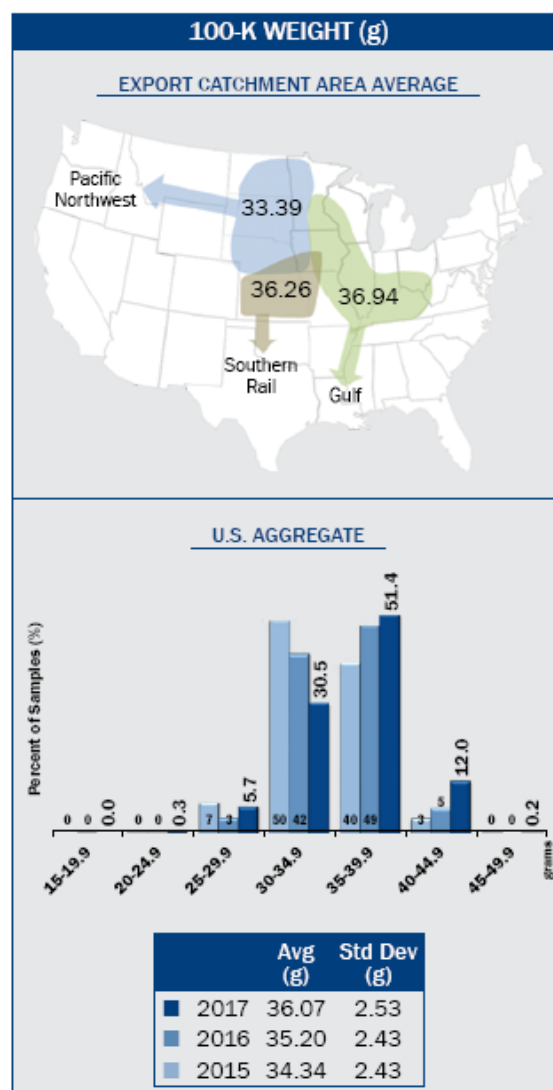
百粒粒

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

- 2017年の米国集計のサンプルの百粒重平均値は36.07 gで、2016年（35.20 g）、2015年（34.34 g）および5YA（34.30 g）を上回っている。
- 2017年の米国集計の百粒重のばらつき（標準偏差 2.53 g）は2016年、2015年（いずれも 2.43 g）および5YA（2.71 g）とほぼ同水準である。
- 2017年の百粒重のばらつきの幅（23.06~46.44g）は2016年（18.91~44.17 g）と2015年（24.90~45.64 g）の間に位置する。
- 2017年の百粒重の分布をみると、35 g以上のサンプルが63.6%で、これに対し2016年は54%、2015年は43%である。この分布は過去2年よりも2017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 の百粒重の平均値が最も低く（33.39g）、これに対しガルフ ECA は36.94 g、南部鉄道網 ECA は36.26gである。2016年、2015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。



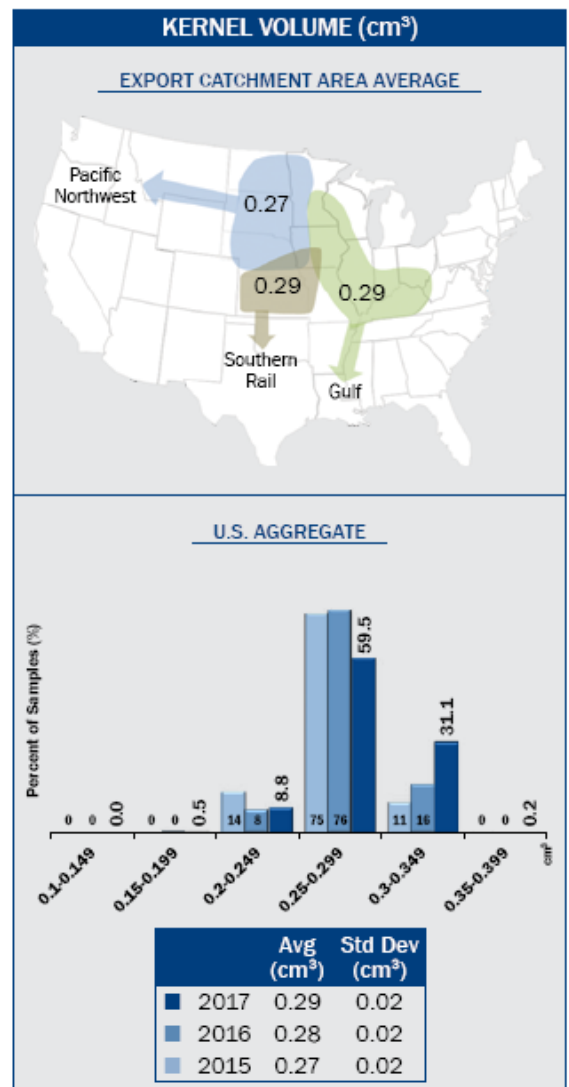
穀粒容積

立方センチメートル (cm³) 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

- 2017年の米国集計の穀粒容積平均値は 0.29 cm³ で、2016 (0.28 cm³)、また、2015年および5YA (いずれも 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。米国集計の穀粒容積の標準偏差は2017年、2016年、2015年および5YAのいずれも 0.02 cm³ である。
- 2017年の穀粒容積の幅 (0.18~0.36 cm³) は2016年 (0.1~0.34cm³) および2015年 (0.21~0.36 cm³) とほぼ同水準である。
- 2017年の穀粒容積の分布では、穀粒容積が 0.30 cm³ 以上のサンプルが 31.3% を占め、これに対し2016年は 16%、2015年は 11% である。この分布は2017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 の穀粒容積平均値はそれぞれ 0.29 cm³、0.27 cm³ および 0.29 cm³ である。2017年、2016年、2015年および5YAのいずれでも、米国北西部 ECA の穀粒容積平均値が他の2つの ECA を下回っている。



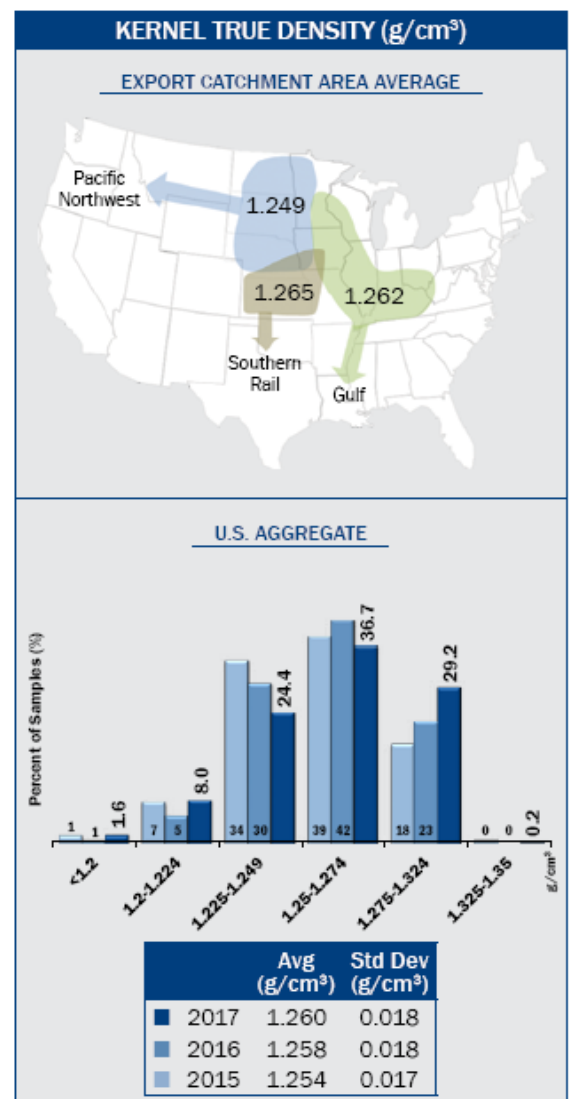
真の密度

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/cm³) 単位で報告します。真の密度は穀粒の硬度を相対的に示す指標で、アルカリ処理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/cm³ を超えると、通常ドライミリングやアルカリ処理に適した非常に硬質なトウモロコシであることが示唆されます。真の密度が 1.275 g/cm³ 程度、あるいはそれを下回る場合には、トウモロコシは柔らかくなり、ウェットミリングや飼料原材料用の加工が容易になります。

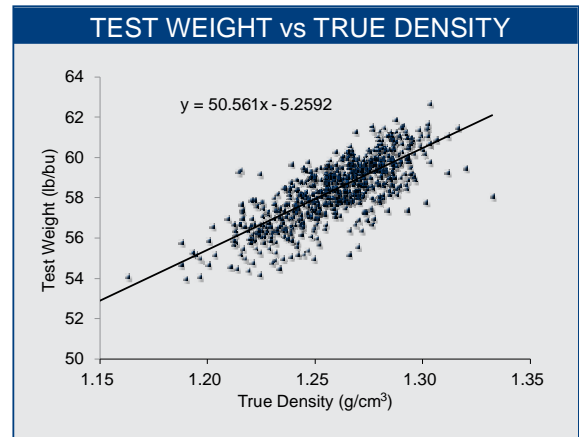
結果

- 2017年の米国集計の真の密度平均値(1.260 g/cm³)は、2016年(1.258 g/cm³)および2015年(1.254 g/cm³)を上回るが、5YA(1.261 g/cm³)とほぼ同水準である。
- 2017年の標準偏差に基づく真の密度のばらつき(0.018 g/cm³)は2016年(0.018g/cm³)、2015年(0.017 g/cm³)および5YA(0.018 g/cm³)とほぼ同水準である。
- 2017年の真の密度のばらつきの幅は1.135~1.332 g/cm³で、2016年は1.162~1.320g/cm³、2015年は1.166~1.327 g/cm³である。
- 2017年の真の密度の分布では、1.275 g/cm³を超えるサンプルは約29.4%で、これに対し2016年は23%、2015年は18%である。多くの場合、1.275g/cm³を超える値は硬いトウモロコシ、これを下回るものは柔らかいトウモロコシとみなされるため、この穀粒分布は2017年のトウモロコシが2016年および2015年よりもわずかながら硬いことを示唆している。
- 2017年のガルフ ECA、米国北西部 ECA および南部鉄道網 ECA の真の密度平均値はそれぞれ 1.262 g/cm³、1.249 g/cm³ および 1.265 g/cm³ である。2017年、2016年、2015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は他の数値を下回っている。





- かさ密度としても知られる容積重は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0.78）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。2017年の容積重は58.4 lb/buで、2016年の58.3 lb/buを上回り、2015年の58.2 lb/buを上回っている。



完全粒

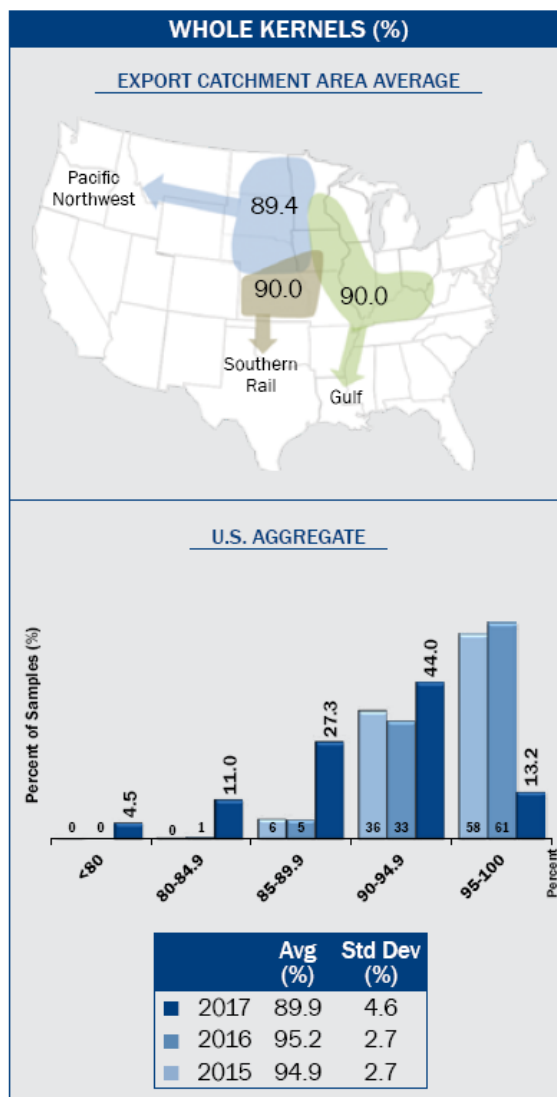
その名称から、完全粒とBCFMとの間に何らかの負の相関関係があるかのように思われますが、完全粒試験はBCFM試験による破損粒の割合とは異なる情報を提供するものです。破損粒は物質のサイズだけで決まります。完全粒というのはその名が示すように、サンプルに含まれる完全に無傷で、種皮に損傷がなく、欠損のない穀粒のことで、値はパーセントで示されます。

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、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。さらに、通常は水分含有率の高い状態（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果皮が柔らかくなり、トウモロコシの果皮損傷が起りにやすくなります。

結果

- 2017年の米国集計のトウモロコシの完全粒平均値は89.9%で、2016年（95.2%）、2015年（94.9%）および5YA（94.1%）を下回っている。
- 完全粒の標準偏差（4.6%）は2016年および2015年（いずれも2.7%）ならびに5YA（3.2%）を上回っている。
- 2017年の完全粒のばらつき幅（67.0~99.2%）は2016年（80.6~100.0%）および2015年（78.4~99.8%）より広い。
- 2017年のサンプル中、完全粒が90%以上のものが57.2%を占め、これに対し2016年および2015年はともに94%であった。この分布は2017年のサンプルに占める完全粒の割合が2016年および2015年を下回っていることを示している。2017年に完全粒の割合が低くなった要因の一つに、穀粒が異常に大きくなり、小型の穀粒よりも構造が弱くなり、コンバインで刈り込んだり取り扱ったりする際クラックや欠けが起こりやすくなったことがあると考えられる。
- ガルフ ECA、米国北西部 ECA および南部鉄道網 ECA の完全粒平均値はそれぞれ 90.0%、89.4%および 90.0%である



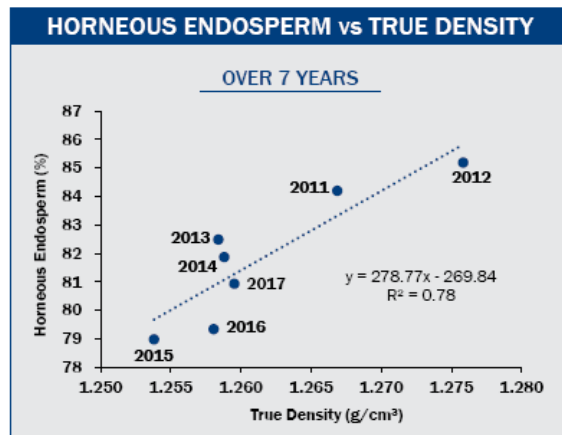
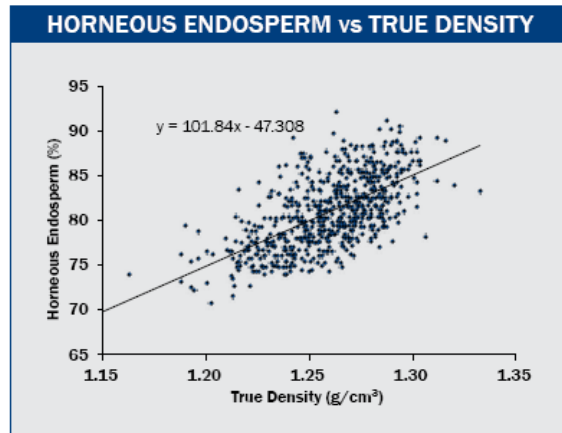
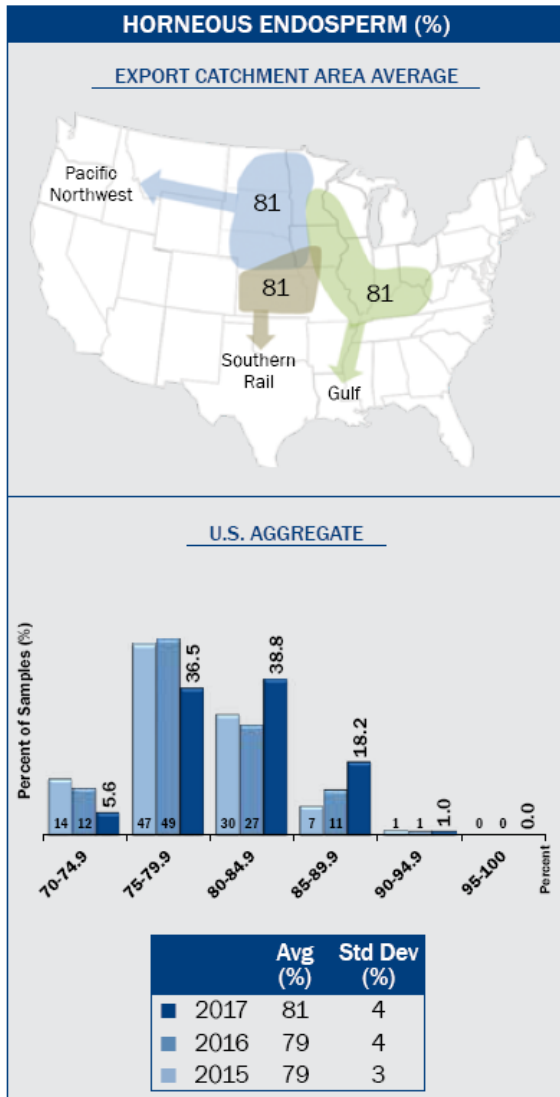
硬胚乳

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、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

- 2017 年の米国集計の硬胚乳率の平均値（81%）は 2016 年および 2015 年（いずれも 79%）を上回るが、5YA（82%）をわずかに下回っている。
- 米国集計の硬胚乳率標準偏差は 4%で、2016 年および 5YA（いずれも 4%）と同水準であり、2015 年とほぼ同水準（3%）である。
- 2017 年の硬胚乳率のばらつき幅（71~92%）は 2016 年（71~93%）および 2015 年（71~95%）とほぼ同水準である。
- 2017 年のサンプル中、硬胚乳率が 80%未満のものは 42.1%で、2016 年および 2015 年（いずれも 61%）を下回っている。
- 2017 年、硬胚乳率平均値はガルフ 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水準で、全 ECA の平均は 81% である。2016 年、2015 年および 5YA において、硬胚乳の平均値の差異は全 ECA 間でわずか 0~1.0%程度である。
- 次ページの図が示すように、2017 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 0.63）がある。
- 2 番目の図は過去 7 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（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ことが分かる。



まとめ: 物理的ファクター

	2017年収穫					2016年収穫			2015年収穫			5年平均 (2012-2016)	
	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	627	5	8	0	90	624	4*	6	620	3*	5	6	7
ストレスクラック指数 ²	627	13.7	23.6	0	321	624	8.8*	16.6	620	6.6*	11.7	13.5	21.0
百粒重 (g)	627	36.07	2.53	23.06	46.44	624	35.20*	2.43	620	34.34*	2.43	34.30	2.67
穀粒容積 (cm ³)	627	0.29	0.02	0.18	0.36	624	0.28*	0.02	620	0.27*	0.02	0.27	0.02
真の密度 (g/cm ³)	627	1.260	0.018	1.135	1.332	624	1.258	0.018	620	1.254*	0.017	1.261	0.018
完全粒 (%)	627	89.9	4.6	67.0	99.2	624	95.2*	2.7	620	94.9*	2.7	94.1	3.2
硬胚乳 (%)	627	81	4	71	92	624	79*	4	620	79*	3	82	4
ガルフ													
ストレスクラック (%) ²	612	6	8	0	90	612	4*	6	577	3*	5	6	8
ストレスクラック指数 ²	612	15.2	26.5	0	321	612	8.9*	17.6	577	7.0*	12.4	14.7	23.7
百粒重 (g)	612	36.94	2.45	23.06	46.44	612	35.54*	2.49	577	34.64*	2.47	34.79	2.72
穀粒容積 (cm ³)	612	0.29	0.02	0.18	0.36	612	0.28*	0.02	577	0.28*	0.02	0.28	0.02
真の密度 (g/cm ³)	612	1.262	0.018	1.135	1.332	612	1.259*	0.018	577	1.255*	0.017	1.263	0.018
完全粒 (%)	612	90.0	4.7	67.0	99.2	612	95.0*	2.7	577	95.0*	2.8	94.1	3.2
硬胚乳 (%)	612	81	4	71	92	612	79*	4	577	79*	3	82	4
米国北西部													
ストレスクラック (%) ²	291	5	7	0	78	301	5	7	329	3*	4	6	6
ストレスクラック指数 ²	291	12.9	20.2	0	278	301	10.3	17.5	329	6.6*	11.9	13.1	17.8
百粒重 (g)	291	33.39	2.68	23.06	44.75	301	33.96*	2.21	329	33.08	2.29	32.47	2.46
穀粒容積 (cm ³)	291	0.27	0.02	0.18	0.35	301	0.27*	0.02	329	0.26	0.02	0.26	0.02
真の密度 (g/cm ³)	291	1.249	0.018	1.135	1.320	301	1.253*	0.016	329	1.249	0.017	1.253	0.018
完全粒 (%)	291	89.4	4.8	67.2	98.4	301	95.7*	2.7	329	94.8*	2.6	93.9	3.2
硬胚乳 (%)	291	81	4	71	90	301	79*	3	329	79*	3	81	3
南部鉄道網													
ストレスクラック (%) ²	393	4	6	0	90	395	3*	4	402	3*	3	4	5
ストレスクラック指数 ²	393	9.0	16.8	0	321	395	5.8*	11.0	402	4.7*	8.2	8.2	12.3
百粒重 (g)	393	36.26	2.65	25.10	44.75	395	35.67*	2.50	402	35.09*	2.49	34.67	2.75
穀粒容積 (cm ³)	393	0.29	0.02	0.20	0.35	395	0.28*	0.02	402	0.28*	0.02	0.27	0.02
真の密度 (g/cm ³)	393	1.265	0.018	1.135	1.320	395	1.261*	0.018	402	1.255*	0.017	1.264	0.018
完全粒 (%)	393	90.0	4.3	67.0	99.2	395	95.1*	2.6	402	94.9*	2.8	94.2	3.0
硬胚乳 (%)	393	81	3	71	91	395	80*	4	402	79*	3	82	4

* 95%の有意水準の両側検定により、2016年の平均値は2017年と有意に異なり、2015年の平均値は2017年と有意に異なることが示されている。

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、2017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定して報告します。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*収穫時品質報告書*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2017/18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、2017/18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

対象地域から採取した全 627 サンプルから少なくとも 25%を比例抽出し試験を実施して、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 2017 年の生育条件が及ぼす影響を評価しました。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 180 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 2017/2018 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 (LOD) 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。

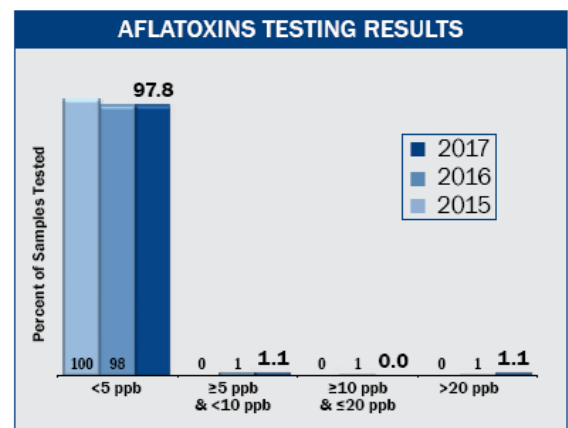
結果：アフラトキシン

2017 年はアフラトキシン試験用として合計 180 のサンプルを分析しましたが、これに対し 2016 年のサンプル数は 177、2015 年は 185 でした。2017 年の調査結果は以下のとおりです。

- 176 サンプル、すなわち 180 のサンプルの 97.8%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 2016 年 (98%) とほぼ同一で、検出可能レベルのアフラトキシンが認められなかったサンプルが 100%であった 2015 年をわずかに下回っている。
- 2 サンプル、すなわち 180 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 未満である。
- 180 サンプル中アフラトキシンのレベルが 10 ppb 以上のサンプルは認められず、すなわち 0.0%であり、よって FDA の規制レベルである 20 ppb 以下である。
- 2 サンプル、すなわち 180 サンプルの 1.1%は、アフラトキシンのレベルが FDA の規制レベルである 20 ppb 以上である。
- こうした 2017 年の試験結果は、178 サンプルすなわち 180 サンプルの 98.9%が FDA の規制レベルである 20 ppb 以下であることを示している。

- こうした結果は、2017 年の試験では、178 サンプル、すなわち 180 のサンプルの 98.9%が FDA 規制レベルの 20 ppb 以下であることを示しており、これに対し 2016 年は 99.4%および 2015 年は 100%である。

2017 年の作物シーズンにおいて、FGIS LCL の 5.0 ppb を下回るサンプルの割合 (97.8%) が 2016 年 (97.7%) および 2015 年 (100%) とほぼ同水準であるのは、2017 年が良好な気象条件に恵まれたことが一因と考えられます (2017 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)。2017 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。

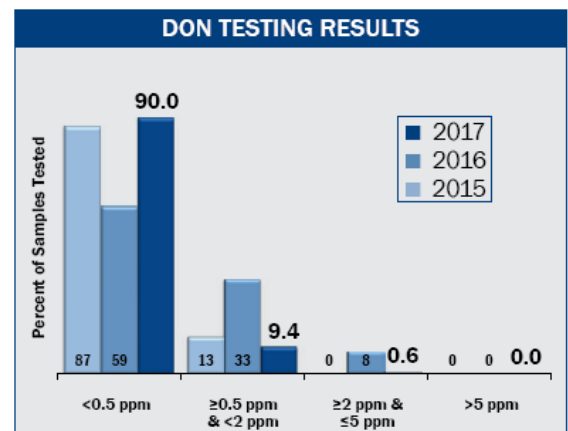


結果：DON（デオキシニバレノールまたはボミトキシン）

2017年のデオキシニバレノールについては、合計180サンプルをまとめて分析しました。これに対し2016年および2015年のデオキシニバレノール試験サンプル数はそれぞれ177と185でした。2017年の調査結果は以下のとおりです。

- 162サンプル、すなわち180サンプルの90.0%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）。これは、2016年（59%）を大幅に上回り、試験対象サンプルの87.0%がデオキシニバレノール検出可能レベルに達しなかった2015年をわずかに上回っている。
- 17サンプル、すなわち180サンプルの9.4%が0.5ppm以上の値を示したが、2 ppm 未満である。
- 1サンプル、すなわち180サンプルの0.6%が2 ppm 以上の値を示したが、FDAの勧告レベルである5 ppm 以下である。
- 全180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2016年および2015年と同水準である。

2017年、2016年および2015年の調査で試験したサンプルはすべて5 ppm を下回り、2017年の0.5 ppm 未満のサンプルの割合は、2016年から大幅に上昇しています。これは、2017年では、デオキシニバレノールが発生しにくい良好な気候条件に恵まれたことによるものと考えられます。





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値を超えた場合、同機関がその選択をすれば、規制措置や法的措置の裏付けとなる科学的なデータを同機関が自己の見解において保有しているということを示すためのものです。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-FDARegulatoryGuidancefor-Mycotoxins8-2011.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/Publications/fgis/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* 菌は開花時期の気象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、収穫が極端に遅れると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。



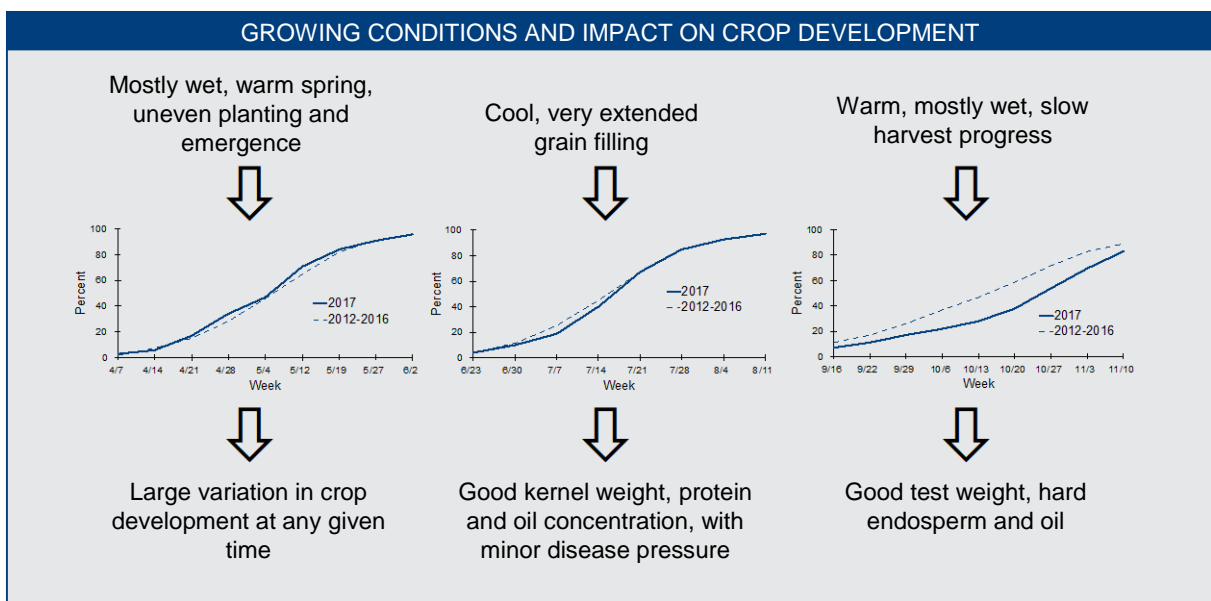
A. 2017 年収穫ハイライト

トウモロコシの作付過程、生育状況、および圃場での作物の生育において、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 2017 年は温暖で雨の多い生育期（発芽から受粉までの成長期間）に、低温で雨が少なく長い登熟期と、温暖で大半が多雨の遅い収穫期が続くという特徴がありました。今年のトウモロコシ栽培は開始が遅れ、シーズンの大半で 5 年平均値(5YA)を下回る作柄評価¹となりましたが、生殖期中盤から終盤（実が固まっていくダウスステージから生理的成熟期）にかけて改善が見られました。米国農務省（USDA）が 2017 年のトウモロコシ収量が過去最高になると予測していることに加え、容積重、油分含有率、百粒重および穀粒容積は 2016 年のトウモロコシを上回っています。以下に 2017 年の生育期の主な出来事をまとめています。

- 作付期は長引き、水害のために作付けは大規模なやり直しが必要となった。
- 6 月と 7 月の生育期は米国北西部 ECA や南部鉄道網 ECA は温暖で乾燥し、7 月には Gulf ECA の北部および東部は残りの 2ECA 地域を上回る多雨に見舞われた。

- 生殖期の初期は穀物生産にとって非常に重要である。Gulf ECA での 7 月の大雨は受粉ストレスにつながり、穀粒の数が抑えられる結果に結びついた可能性があるが、その分残ったトウモロコシ粒はより順調に登熟が進んだ。
- 3ECA 地域すべてにわたって 8 月の気温は低く、これにより最大の登熟が可能となった。Gulf ECA の高収量の鍵となったのは最新の干ばつ耐性品種であり、一方米国北西部 ECA や南部鉄道網 ECA は時期的に遅れたものの、降雨の恩恵を受けることができた。
- 作付けが遅れたことに 8 月の低温が加わって、トウモロコシの成熟、圃場での乾燥および収穫が遅れることとなった。

次のセクションでは 2017 年の生育期の天候が、米国コーンベルトの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解説します。



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

作付時期が大幅にばらつく原因となった温暖多雨の4月

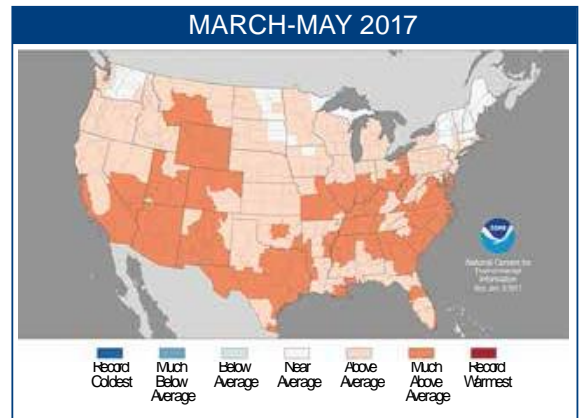
トウモロコシの単収と品質に影響を及ぼす気象ファクターとして、トウモロコシ生育期の直前や期間中の降雨量と気温が挙げられます。こうした気象ファクターは作付されたトウモロコシの品種や土壌の肥沃度と相互に作用します。穀物の単収は1エーカーあたりの植物体数、1植物体あたりの穀粒数、および各穀粒の重量で決まります。作付時に低温多雨になると植物体の数が減少するか作物の生育が妨げられ、単収の減少につながる可能性があります。根系が深くまで発達すればするほど、期間後半に水に到達しやすくなるため、作付時期や生育初期の乾燥した天候は有利に働きます。

2017年は全体として、米国のほぼ全土で平均より暖かい春となりました。しかし、4月下旬の嵐が米国北西部 ECA および南部鉄道網 ECA に雪を運び、ガルフ ECA には大雨を降らせたため、作付けと最終的な発芽が5YAより遅れることになりました。水害により、異なる圃場間でも同一圃場内でも植物体の生育状況に差が発生し、このことが受粉状態の悪化に結びつき、各圃場の成熟度のばらつきをより一層大きくした可能性があります。一般的に、作付けが遅れた圃場での単収は平均値を下回ります。

米国北西部 ECA では3月および4月上旬の気温が比較的高く、5月に入ると平均から低温の気温へと変化しました。北部地域は干ばつに見舞われ、その一方で4月には南部（ネブラスカ）および東部地域は例年よりも降雨量が増加し、多くの地域で作付けが遅れるか、早期に作付けした圃場と遅れた圃場が混在する結果となりました。

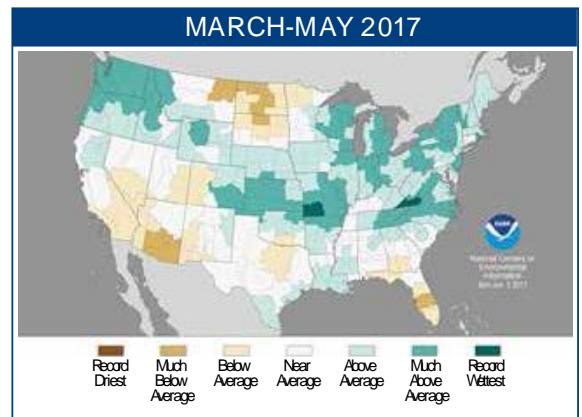
ガルフ ECA の大半が春期の一定時期に過剰な降雨を経験したものの、3月と4月の間に気温は平均値を上回るようになりました。ガルフ ECA の中央部の多くの地域が最初の作付けを終えた後に水害に見舞われたため、特にイリノイ州やインディア

DIVISIONAL AVERAGE TEMPERATURE RANKS
(Period: 1895-2017)



Source: Regional Climate Centers

DIVISIONAL PRECIPITATION RANKS
(Period: 1895-2017)



Source: Regional Climate Centers

州では2度目、中には3度目の作付けを行うところもありました。

南部鉄道網 ECA の気候パターンはガルフ ECA とほぼ同じでした（過剰な降雨など）が、前者の気温は後者をわずかに下回りました。その結果、南部鉄道網 ECA のトウモロコシ圃場の中には作付けが遅れたり再度作付けを行ったりするところがありました。

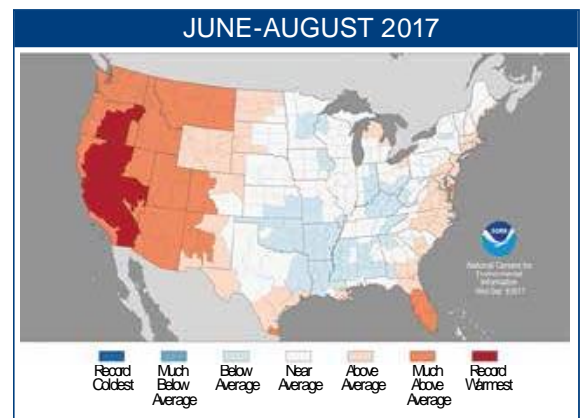
C. 受粉および登熟の状況

登熟期が長引き単収増を後押し

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値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値を下回ると、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、窒素吸収や光合成の継続に寄与します。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。

2017年は、すべてのECAの一部の地域で降雨量の非常に多い発芽時期から乾燥した生育期へと移り、その後の登熟期は十分な雨が降りました。6月と7月は暖かい気候と少雨が植物体の急速な成長や窒素肥料の吸収を促し、作柄評価は「良い」または「とても良い」の組み合わせとなり、これがシーズン全体を通じて60~68%で推移し、最終的に2015年のトウモロコシとほぼ同様の結果となりました。8月には米国のコーンベルト全域で低温だったため、例年の環境ストレスが和らげられ、登熟時期が長くなりました。加えて、9月は平均値を上回る気温となり、トウモロコシはその恩恵を被って登熟や油分の蓄積を続けることができたため、トウモロコシ粒の重量が増加し、成熟期が遅くなりました。

DIVISIONAL AVERAGE TEMPERATURE RANKS
(Period: 1895-2017)



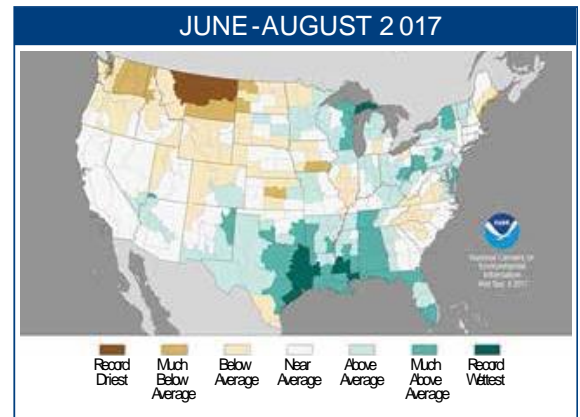
Source: Regional Climate Centers

米国北西部 ECA は暖かい6月と7月を迎えました。夏期の大半、中央部では軽度の干ばつが発生し、登熟期の8月と9月に降雨がありました。穀粒の重量、容積および油分含有率を増加させるのにふさわしい状況となりました。

ガルフ ECA の北部および東部地域は 7 月に大雨に見舞われ、8 月はこの地域としてはかなり乾燥した状態となり、降雨のない状態は 9 月まで続き、この傾向はガルフ ECA 全域に及びました。最新のハイブリッド種は地表下の水を利用することができ、この時期も登熟が続きました。

全体として、夏期の南部鉄道網 ECA は米国北西部 ECA とほぼ同様の気候となりましたが、8 月および 9 月の降雨量はわずかに下回りました。南部鉄道網 ECA の生育状況は穀粒の重量、容積および油分含有率を増加させるのにふさわしいものとなりました。

DIVISIONAL PRECIPITATION RANKS
(Period: 1895-2017)



Source: Regional Climate Centers

D. 収穫の状況

温暖だが長引く雨で収穫進捗は遅れる

生育期の終盤を迎えると、圃場のトウモロコシ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。

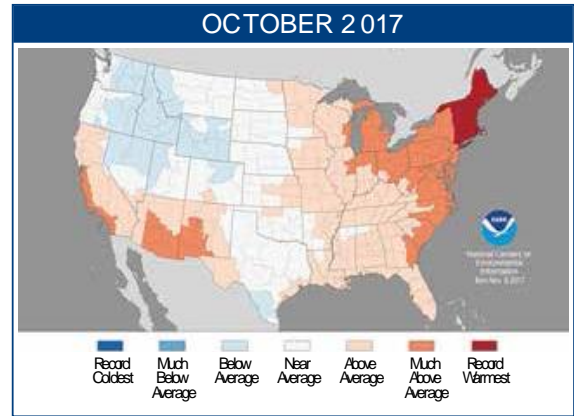
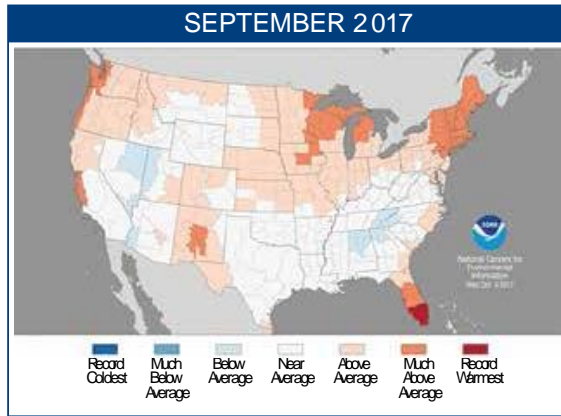
一般に米国産トウモロコシはその 80% が 10 月末までに収穫されます。ところが 2017 年は、過去 20 年収穫進捗率が平均値を下回ったのはわずか 6 年ですが、そのうちの 1 年となりました。今年のトウモロコシは成熟するのが約 1 週間遅れ、さらに降雨により適時の収穫が妨げられることになりました。圃場内のばらつきもまた、通常を上回る穀粒組成と品質の大きなばらつきの要因となりました。

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高湿度になると繁殖が促進されますが、2017 年は全般的にそうしたことになりませんでした。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またはボミトキシンは収穫の遅れや水分含量の多いトウモロコシの保管と関係づけられます。ガルフ ECA のごく狭い地域だけが受粉期に多雨に見舞われましたが、収穫の遅れはデオキシニバレノールの発生を促すような大規模な水害によるものというより、むしろ生産者が重量級の装置で土壌を固めてしまうことを好まなかったということに起因します。

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地区では、生育期間中は温暖でしたが、トウモロコシが成長する時期に極端な高温に見舞われた日はほとんどありませんでした。そのため、天候についていえば、今年はアフラトキシンの問題となることはないと考えられます。

DIVISIONAL AVERAGE TEMPERATURE RANKS

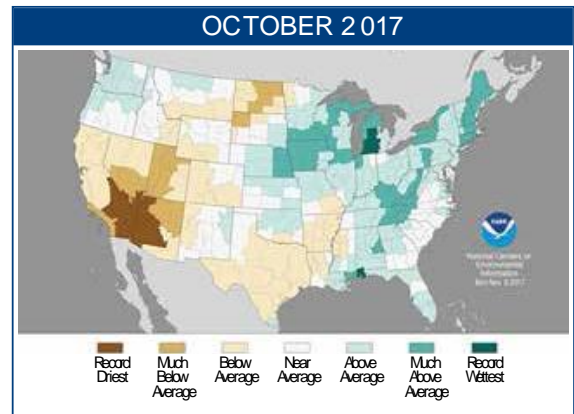
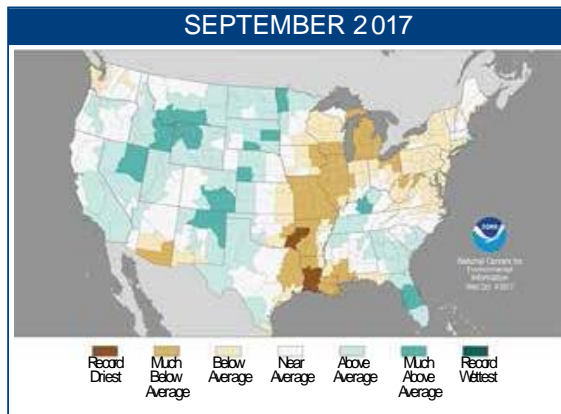
(Period: 1895-2017)



Source: Regional Climate Centers

DIVISIONAL PRECIPITATION RANKS

(Period: 1895-2017)



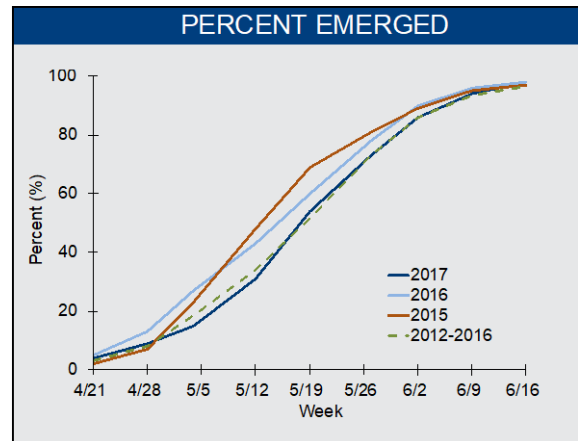
Source: Regional Climate Centers



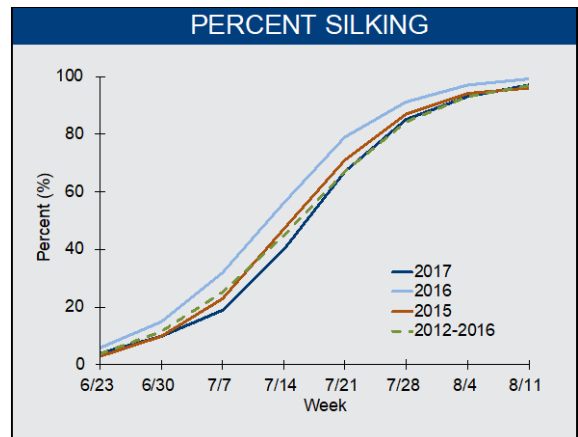
E. 2016 年、2015 年および 5 年平均と比較した場合の 2017 年

2017 年の登熟期は穏やかな気温が長く続き、過去最高の単収につながる

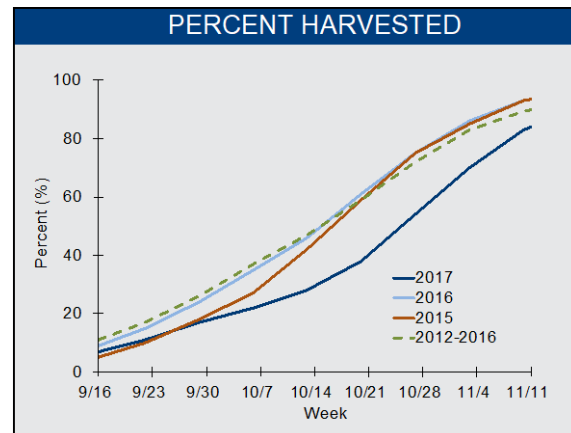
2015 年および 2016 年は平均より早く発芽しました。ところが、多雨と作付けのやり直しにより、2017 年のトウモロコシの発芽は平均ペースより遅れることになりました。この遅れが発生するパターンは絹糸抽出期を通じて続きました。2015 年とほぼ同様に、2017 年の 7 月には米国北西部 ECA と南部鉄道網 ECA のほぼ全域で降雨が次第に減っていったため、受粉が最大限に活発化しましたが、ガルフ ECA の 2017 年の 7 月は 2016 年とほぼ同様に、登熟期の初期に十分な降雨がありました。



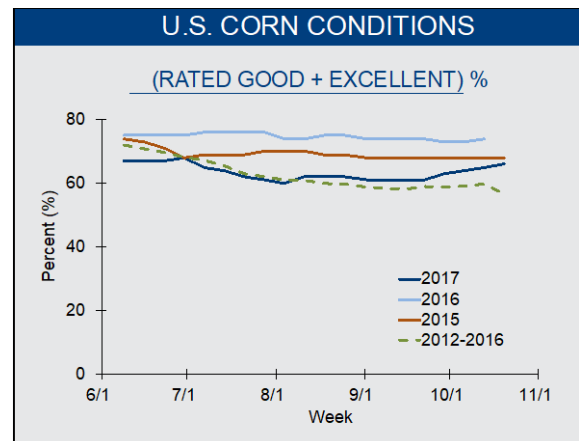
登熟期は 2017 年 8 月に入っても続き、2015 年のようにコーンベルト全域が涼しい気候となり、最大限のデンプン蓄積を阻害する高温となった 2016 年 8 月とは対照的な様相を示しました。2017 年の穏やかな気温と成熟の遅れによって、登熟期は 9 月に入っても続き、5YA の値を約 10% 下回りました。



2017年の収穫開始は植物体の成熟の遅れにより5YAから大きく遅れることになりました。雨のため、生産者は機器を農場に入れることができず、収穫はさらに遅れました。これとは対照的に、2016年の収穫は5YAとほぼ同水準で、2015年の収穫は開始が遅れたものの、最終的に5YAと同じ収穫進捗状態に到達しました。



2017年を通じ、トウモロコシの作柄は「良い」または「とても良い」の組み合わせで、この割合は60~68%で推移しました。2017年トウモロコシの状態は2015年および5YAとほぼ同じく健康状態は良好で、これが光合成、穀粒サイズおよび単収の上昇につながりました。2014年および2016年では「良い」または「とても良い」の作柄の割合は75%近くまで達しました。対照的に、2012年~2013年には生育期の作柄が劣っており、このためグラフからも分かるように、5YAが低下しました。2013年のトウモロコシの作柄は、気温の高さと干ばつの影響により、2014~2016年ほど健康ではありませんでした。加えて2012年は、厳しい干ばつと熱波が作柄、デンプンの蓄積および単収を急激に悪化させる一方、容積重および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。「とても良い」の格付けは単収見込みが通常を上回り、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

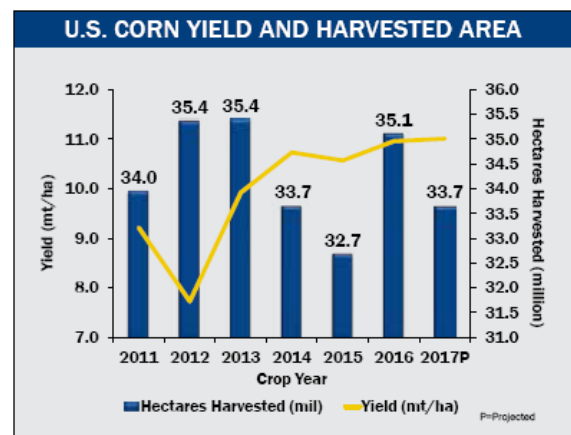


ど小さい。

A. 米国産トウモロコシ生産量¹

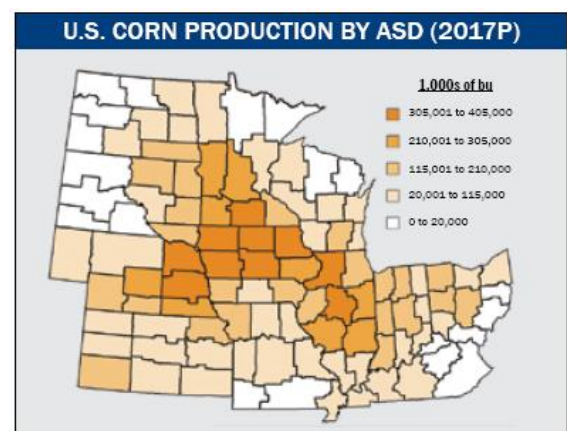
米国平均生産量および単収

- 2017年11月の米国農務省(USDA)世界農業需給予測 (World Agricultural Supply and Demand Estimates : WASDE) によると、2017年度の米国産トウモロコシの平均単収は11.01 mt/ha (175.4 bu/ac) と予測されています。この値は、2016年の平均単収を0.05 mt/ha (0.8 bu/ac)上回り、過去最高の平均単収となります。
- 2017年の収穫面積は33.65 mil ha (83.1 mil ac) と予測されています。これは2016年を1.47 mil ha (3.6 mil ac)下回ることになります。予測される2017年の33.65 mil haという収穫面積は、2007年から2016年の平均収穫面積 (33.82 mil ha) とほぼ同水準です。
- 2017年の収穫面積は過去10年間で5番目、2017年のトウモロコシの平均単収は過去最高となり、こうした要因により米国産トウモロコシの生産量は過去2番目となる370.30 mmt (14,578 mil bu)と推定されています。この値は2016年の最高記録(384.78 mmt または 15,148 mil bu)を約14.48 mmt (570 mil bu)下回っています。



ASD と州レベルの生産量

2017/18年収穫時品質報告書の対象地域は米国最大の生産地域を網羅しています。これについては、USDA 農業統計地域 (ASD) 別の2017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。これらの州で米国トウモロコシ輸出量の93.1%を占めています¹。

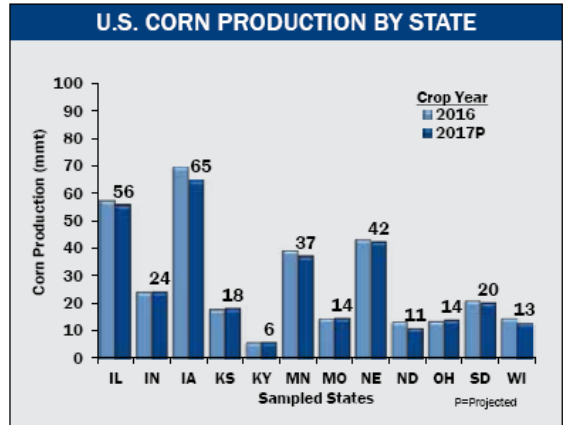


Source: USDA NASS and Centrec Estimates

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

² 出典: USDA NASS, USDA GIPSA および Centrec の予測

州別の単収および収穫面積では、生産量が過去最高となった2016年とそれをわずかに下回る2017年を比較した場合、概ねわずかな差にとどまります。2016年を下回るか同水準の生産量を示す州は、12の主要トウモロコシ生産州のうちの10州で、10%を超えて2016年の生産量を下回っているのはノースダコタ州とウィスコンシン州のみです。



Source: USDA NASS

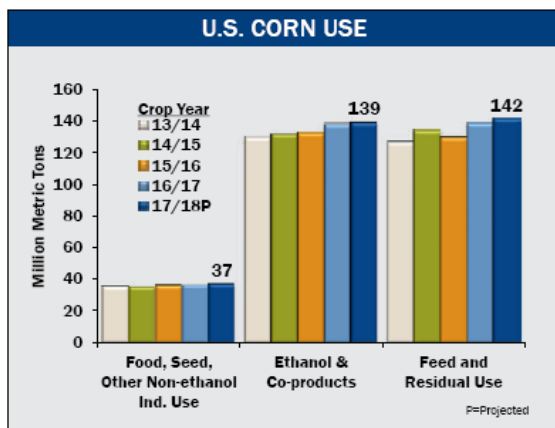
米国産トウモロコシ生産量の表は、2016年のトウモロコシ生産量と2017年予測生産量との比較で、量(mmt)と割合の差を州別にまとめたものです。2016年と2017年予測との収穫面積と単収の相対的な変化も示しています。緑色のバーは2017年予測値を2016年と比較した場合の相対的な増加を、赤のバーは相対的な減少を示しています。この表から、サウスダコタ州とカンザス州を除き、2017年の収穫面積は全体として2016年をわずかに下回っていることが分かります。ケンタッキー州だけは2016年との比較で、収穫面積の減少が10%を上回っています。2017年の単収の変化は一様ではないものの、2016年から大幅な変化(10%を超える)があったのは2州のみです。ケンタッキー州の単収は2016年と比較すると11.3%の増加、ノースダコタ州は15.2%の減少となっています。

State	2016	2017P	Difference		Relative % Change*	
			MMT	Percent	Acre	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%		

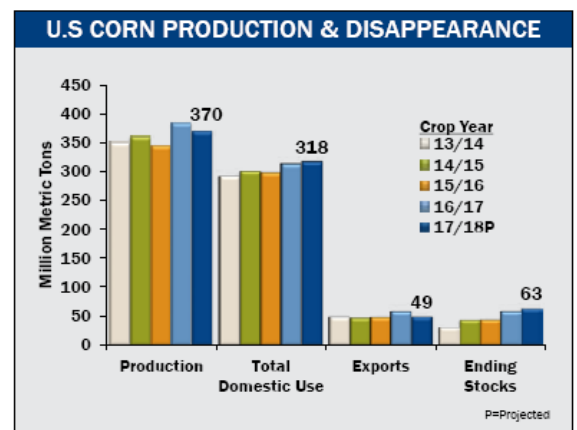
*緑色は2017年が2016年より高いことを示し、赤は低いことを示す。バーの高さは相対変動量を示す。
P=予測 出典: USDA NASS

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依然としてほぼ一定しています。
- エタノール生産用トウモロコシの消費量は、MY13/14からMY15/16までかなり安定的に推移していましたが、国内のガソリン消費およびエタノール輸出がわずかながら増加したため、MY16/17のエタノール生産用トウモロコシの消費量はわずかに増加しています。
- 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、他の飼料原材料と比較してトウモロコシ価格が低いことによります。
- 米国産トウモロコシの輸出量は、MY16/17より前の3期の市場年度にわたり全体的に大きな変動はありませんでしたが、競争力のある価格、堅調な輸出需要および2016年の過去最高記録となった生産量による豊富な供給を要因として、MY16/17では急激に上昇しました。
- 2012年の干ばつにより、MY12/13の最終在庫量は過去何年もなかったような最低の水準になっていましたが、MY13/14以降は米国産トウモロコシの生産量の増加が最終在庫量の改善に役立っています。



Source: USDA WASDE and ERS



Source: 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2番目の収穫量となることと予測されるため、MY17/18では豊富にトウモロコシが供給されることとなります。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に対する価格押し下げ圧力が依然として続きます。十分な供給量と低価格は、MY17/18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ます。
- MY17/18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、MY16/17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。
- MY17/18のエタノール用トウモロコシの消費量はMY16/17をわずかながら上回り、過去最高になると予測されています。国内エタノール向け



- 予測消費量が増加する一因は、ガソリンの価格の下落により国内需要が増加し、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です。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競争力が上昇したこと、エタノールの輸出需要が強いこと、減少したソルガムの生産量を代替するためエタノール原料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。
- MY17/18 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 MY16/17 を 2.82 mmt 上回る (2.0%増) ことが予想されています。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。
 - MY17/18 の米国産トウモロコシの予測輸出量は MY16/17 を約 16%下回ります。ただし、これは MY16/17 の輸出量が MY07/08 以降最高であったため、MY17/18 の輸出量は MY16/17 より前の過去 3 期の市場年度の数字とほぼ同水準になると予測されています。
 - MY17/18 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、前市場年度と比較して 8.4%増になると予測されています。これは MY87/88 以来の最高レベルです。対消費在庫率は 17.2%と予測され、これは 5 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量が微減したため、MY17/18 の世界のトウモロコシ生産量は記録的な生産量となった MY16/17 をわずかに下回ることが予想されます。
- ブラジル、中国、セルビア、南アフリカ、ウクライナおよび米国の MY17/18 の生産量の減少は、アルゼンチン、カナダおよびその他の非主要トウモロコシ生産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減少に加えて、米国以外の MY17/18 の総輸出量は MY16/17 をわずかに下回ると予想されています。
- 米国以外の主要輸出国からの輸出については、アルゼンチンの輸出量は増加、ブラジル、南アフリカおよびウクライナは減少すると予測されます。

世界の需要

- MY16/17 では 1,062.61 mmt であった世界のトウモロコシ消費量は、MY17/18 では 1,066.62 mmt になり、年率にして 0.4%増加することが予想されています。
- 日本を除き、主要輸入国・地域（エジプト、EU、メキシコ、東南アジアおよび韓国）の MY17/18 のトウモロコシ消費量は MY16/17 を上回ると考えられます。
- 世界の 4 大トウモロコシ生産国（アルゼンチン、ブラジル、中国および米国）の MY17/18 のトウモロコシ消費量は MY16/17 を上回ると予測されます。
- MY17/18 の世界の輸入量は前年から増加すると予想されています。イスラエル、トルコおよびジンバブエの輸入量の減少はエジプト、EU、イラン、メキシコおよびサウジアラビアの MY17/18 トウモロコシ輸入量の増加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	13/14	14/15	15/16	16/17	17/18P
面積 (百万ヘクタール)					
作付	38.61	36.68	35.64	38.06	36.61
収穫	35.41	33.66	32.69	35.12	33.65
単収 (トン/ヘクタール)	9.92	10.73	10.57	10.96	11.01
供給量 (百万トン)					
期首在庫	20.86	31.29	43.97	44.12	58.30
生産量	351.27	361.09	345.51	384.78	370.30
輸入量	0.91	0.80	1.72	1.45	1.27
総供給量	373.04	393.19	391.20	430.35	429.87
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	35.74	35.48	36.19	36.89	37.09
エタノール・併産物	130.15	132.09	132.69	138.13	139.07
飼料・残渣	127.07	134.23	129.91	138.79	141.61
輸出量	48.79	47.42	48.29	58.24	48.90
総消費量	341.75	349.22	347.07	372.06	366.67
最終在庫	31.29	43.97	44.12	58.30	63.17
平均農家出荷価格 (ドル/トン*)	175.58	145.66	142.12	132.28	110.23-141.72

英国単位	12/13	13/14	14/15	15/16	16/17P
面積 (百万エーカー)					
作付	95.4	90.6	88.0	94.0	90.4
収穫	87.5	83.1	80.8	86.7	83.1
単収 (ブッシェル/エーカー)	158.1	171.0	168.4	174.6	175.4
供給量 (百万ブッシェル)					
期首在庫	821	1,232	1,731	1,737	2,295
生産量	13,829	14,216	13,602	15,148	14,578
輸入量	36	32	68	57	50
総供給量	14,686	15,473	15,401	16,942	16,923
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	1,407	1,397	1,425	1,452	1,460
エタノール・併産物	5,124	5,200	5,224	5,438	5,475
飼料・残渣	5,002	5,284	5,114	5,464	5,575
輸出量	1,921	1,867	1,901	2,293	1,925
総消費量	13,454	13,748	13,664	14,647	14,435
最終在庫	1,232	1,731	1,737	2,295	2,487
平均農家出荷価格(ドル/ブッシェル*)	4.46	3.70	3.61	3.36	2.80-3.60

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11月予測に基づく17/18P平均農家出荷価格

出典: USDA WASDE and ERS

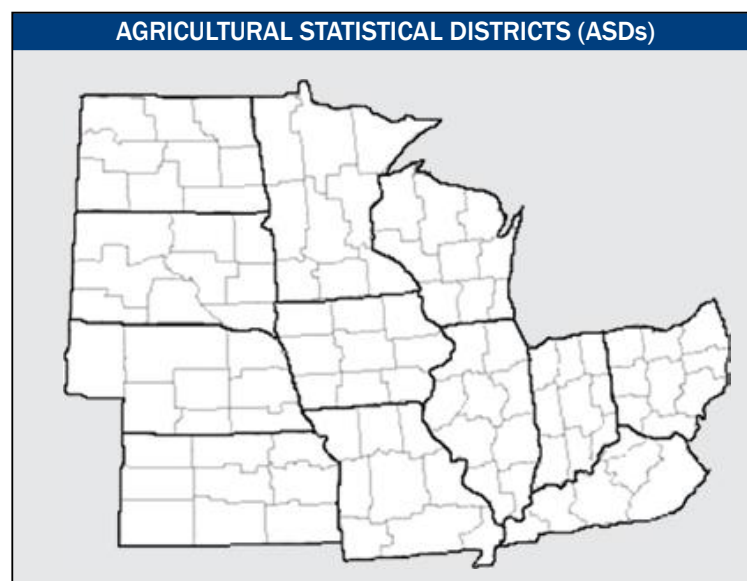


A. 概要

本 2017/2018 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 6 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 620 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。
- 2017 年 8 月 30 日から 11 月 18 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 627 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の試験用の 12 州の ASD について、マイコトキシン試験のために層別比例配分サンプリング法を用いた。このサンプリングの結果、180 のサンプルをアフラトキシンとデオキシニバレノール (DON) 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。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 ±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~2017 年および 2015 年~2017 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 2017/18 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 の主要生産州のイエローコモディティコーンを目標母集団としています。¹ 流通経路の最初の段階で米国産トウモロコシの統計的サンプリングを正しく確実に実施するため、**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、2017/2018 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。2017/2018 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 $\pm 10\%$ 未満です。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、 $\pm 10\%$ 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、2016/2017 年収穫時報告書からの分散推計値を代用しました。2016 年の 624 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 12%と 15%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 620 となりました。

¹ 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、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に相対

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 180 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 州の地域エレベーター業者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業者宛に、返送料金前払いのサンプルキットを郵送しました。生産者が今年度のトウモロコシを保管するためにサイロを清掃する際出てくる古いトウモロコシをサンプルとして採取することがないようエレベーター業者に要請しました。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業者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。農場から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 627 のサンプルは、2017 年 8 月 30 日から 11 月 18 日の間に地域のエレベーター業者から受け取り、その後試験しました。



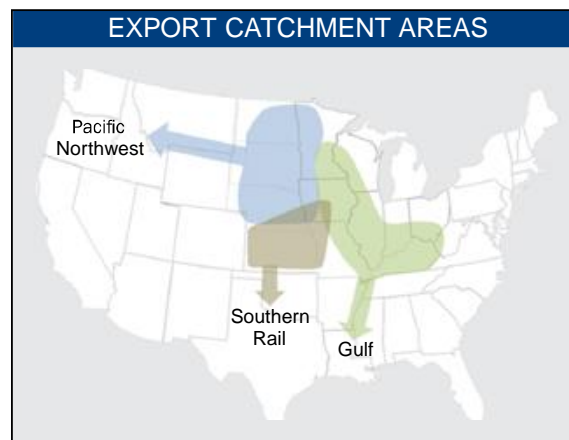
C. 統計分析

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
- 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。

2017/2018 年収穫時報告書には過去 5 年の収穫時報告書（2012/13 年、2013/14 年、2014/2015 年、2015/2016 年および2016/2017 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。ストレスクラックと SCI を除くすべての品質項目で、米国集計、ガルフ ECA、米国北西部 ECA および南部鉄道網 ECA の相対 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 を下の表にまとめています。

	相対 ME	
	ストレスクラック	SCI
米国平均	11%	13%
ガルフ ECA	12%	14%
米国北西部 ECA	15%	18%
南部鉄道網 ECA	15%	18%

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。

「物理的ファクター」をまとめた表の脚注に、相対 ME が±10%を超えている項目を記載していません。

「品質試験結果」セクション中で言及している 2016/2017 年収穫時報告書と 2017/2018 年収穫時報告書の間、および 2015/2016 年収穫時報告書と 2017/2018 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。

2017/18 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> 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。

破碎粒 & 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 インチの丸孔篩を通過するすべての物質、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

チの丸孔篩を通過し、目開き 6/64 インチの丸穴篩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 インチの丸孔篩を通過するすべての物質と目開き 12/64 丸穴篩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 0.27%、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、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反復群を対象として、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 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 $1.18\sim 1.35 \text{ g/cm}^3$ 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。光は角質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本のみの粒の割合 (%)
- 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せんが、大半のトウモロコシ粒は 70~95% 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、2017/18 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。

2017/18 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。こ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		
		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

MIDDLE EAST AND AFRICA: Tunis

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

EGYPT: Cairo

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

JAPAN: Tokyo

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

TAIWAN: Taipei

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

KOREA: Seoul

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

TANZANIA: Dar es Salaam

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

MEXICO: Mexico City

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

WESTERN HEMISPHERE: Panama City

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