

食用作物に自然に発生する毒素の安全なレベルを確保するための
従来育種の役割

文献情報

論文名： **The role of conventional plant breeding in ensuring safe levels of naturally occurring toxins in food crops**

著者： Natalie Kaiser, David Douches, Amit Dhingra, Kevin C. Glenn, Philip Reed Herzig, Evan C. Stowe, Shilpa Swarup

ジャーナル： Trends in Food Science & Technology 100 (2020) 51–66,
<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.03.042>

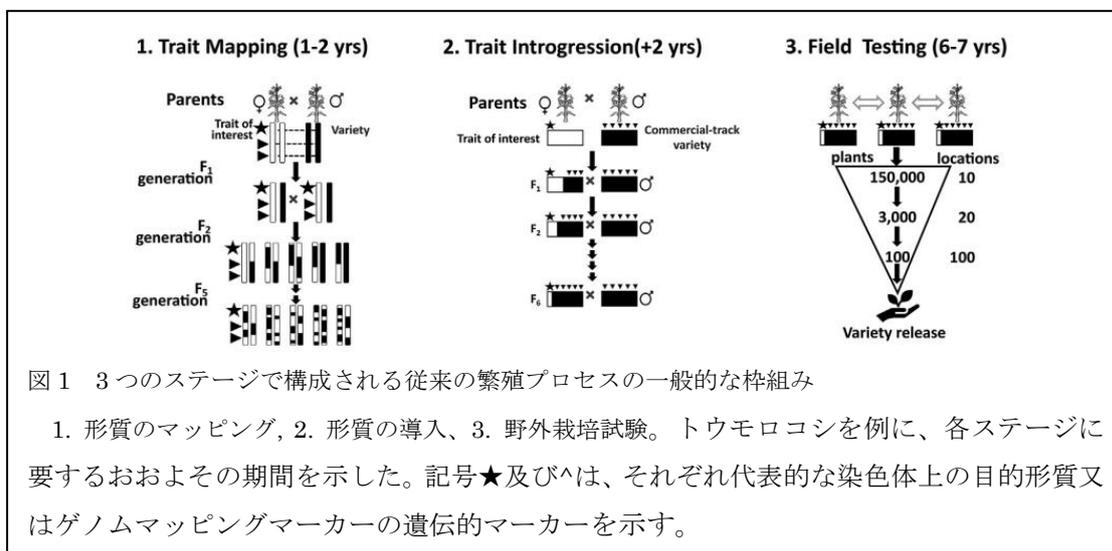
はじめに

食料や飼料等に適した優れた植物を選抜するプロセスは1万年以上前に始まり、前世紀に大幅に改良された。遺伝子組換え作物として開発されたものは、ダイズ、トウモロコシ、ワタ、ナタネ、パパイヤなど限られた作物であり、それらがもたらすと想定されるリスク評価は広範囲に取り組みされてきた。しかし、従来から行われてきた育種では、毎年数百もの品種が作り出されており、食用作物が自然に発生する植物毒素についてはあまり注目されていない。本レビューでは、安全な新しい食用作物品種を開発するために、作物育種家がどのような品種改良を行っているかを議論する。作物を、1) 植物生産毒素を持たない重要な作物と、2) 植物が産生する既知の天然毒素を持つ作物の2つのカテゴリーに分類し、経済的に重要な作物を育種する際の安全性への考慮事項と、既知の天然毒素を産生するかに応じて商業化前にどのように品種改良を行うかを説明している。

従来育種方法

育種法は作物や改良する形質により多種多様な手法が用いられている。本レビューでは目的とする形質（表現型）と遺伝子型と関連付けるマーカーアシスト育種について概説する。植物の表現型の違いに関する遺伝的情報は必ずしも明らかではない。形質をマッピングする目的は、形質に関連するDNA領域（DNAマーカー）を見つけることである。そのため、目的の形質が極端に異なる品種（例えば病害抵抗性）を交配して子孫を作り、後代において目的形質が分離すると、その表現型とDNAマーカー（遺伝子型）との関連性を明らかにするものである（図1-1）。次いで、目的形質を持つ品種と商品化されている優れた形質を有する品種と交雑し、優れた品種を戻し交雑することで有用形

質を取り込むものであり、選抜には DNA マーカーを用いる (図 1-2)。商品化のために、最終的には 100 系統の育種系統を異なる環境の 100 ヶ所くらいのは場で栽培試験を行うことが紹介されている (図 1-3)。



食用作物に事前発生する植物毒素について

植物は様々な化学物質を合成・蓄積し、なかには毒性や抗栄養性を持つものもある。消費者への安全な食料供給を確保するために、どのように育種がなされているかを、植物から発生する有害物質やアレルギーがない作物 (カテゴリー1) と、セロリ、キャッサバ、ジャガイモ、ナタネなど植物が生産する天然毒素が知られている作物 (カテゴリー2) の2つのカテゴリーに分けて説明する。

カテゴリー1

多くの作物植物がこのカテゴリーに含まれる。このカテゴリーの作物の育種には、生産者にとって重要な農学的形質に加えて、様々な品質パラメータ (味、大きさ、形、外観、栄養レベルなど) や食品加工、消費者の嗜好、人間の栄養状態の改善に不可欠な化合物の選択が含まれる。例えば、ニンジンの育種には色素 (カロテノイドやアントシアニンなど) や風味 (揮発性テルペノイドなど) の化合物を有するものを選択している。カテゴリー1の作物は、重要な既知の毒素やアレルギーを持たないため、これらの作物植物に関連する唯一の食品安全上の懸念は、マイコトキシン汚染を緩和する特性を持っているかどうかである。ケーススタディとして紹介されているトウモロコシでは、品種改良の歴史が示されるとともに、遺伝的マッピング、ゲノミクス、トランスクリプトミクスやプロテオミクスを用いて、アフラトキシン蓄積またはアスペルギルス感染に対する抵抗性に関連する候補遺伝子を特定してきた。その結果、遺伝的耐性マーカーが開発され、選抜可能なマーカーとしてトウモロコシの育種プログラムで活用されている。

カテゴリー2

アレルギーを有する作物及び可食部に毒素が知られていない作物

作物の植物アレルギーについては、他の植物毒素に匹敵するような厳しい選抜は行われてなかったが、近年、低アレルギー品種育成に向けた取組みが、小麦、大豆、ピーナッツ、リンゴで行われている。作物植物の消費部分の植物生化学を理解することは、人間が消費するのに安全で栄養価の高い作物品種や、その結果としての食品を開発するのに重要である。リンゴやアプリコットなどのバラ科に属する果物は、種子中にアミグダリンと呼ばれる天然の苦味成分を生成することが知られており、摂取量が多いとシアン化物中毒を引き起こす可能性がある。しかし、一般的に消費される果肉部分にアミグダリンは存在しないため、この毒素による選抜は行われていない。

ケーススタディとして、リンゴの栽培化の歴史や品種特性、口腔アレルギーの原因タンパク質や耐病性育種などについて詳しく紹介されている。

植物毒素が可食部に含まれ、人間の健康に広く影響を与える作物

これに該当する作物では、毒素の含有量を選抜過程で監視し、毒素レベルを下げるために何十年も努力する必要がある。その例として、神経毒 (β -ODAP) を含むグラスピー (ガラスマメ) や有毒物質を含むルピン豆が紹介されている。

ケーススタディとしてジャガイモの栽培化の歴史や天然の有毒物質への対策、品種改良について詳説されている。ジャガイモは4倍体であり、近交弱勢が強く有用な遺伝子の固定できずに育種を困難にしている。現在の北米の品種は遺伝的な変異が少なく19世紀には疫病により壊滅的な被害を受けた。そこで遺伝的多様性を高めるために野生種との交雑を進める取組みもあったが、ジャガイモの総グリコアルカロイド (以下、GA とする) 含量は遺伝性が高い。また、多くの植物毒素と同様に環境要因によって GA 含量は大きく影響されるため、遺伝的に GA 生産量の低い親系統を用いる必要がある。現在、GA 含量の遺伝的制御の解明が進んでいることから、マーカー育種や遺伝子組換え技術等による GA 含有量制御への期待が述べられている。

結論

従来の作物育種は、作物生産性や食品安全性を改善する長い歴史がある。分子およびゲノム解析ツールの出現により、目的形質に影響を及ぼす特定の遺伝子を追跡することも可能になった。重要なことは、交雑や自殖による従来の育種方法により、新たに毒素を生産する未知の生合成経路を生じないことである。従って、作物種に固有で既知の天然毒素に応じて、適切な育種法を用いることで安全な食料供給を確保することができる。さらに業界基準や政府の審査手続きと相まって、新しい品種の安全性は保証されている。