

メキシコにおける在来トウモロコシ、遺伝子組換えトウモロコシと 食糧確保と文化摩擦

Prof. Antonio Turrent Fernández (Prof. アントニオ・タレント・フェルナンデス)

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Mexico
and Unión de Científicos Comprometidos con la Sociedad (UCCS), Mexico

(メキシコ国立農牧林業研究所、メキシコUCCS)

トウモロコシとトウモロコシ在来種の起源

トウモロコシの起源について最も広く受け入れられている仮説は、メキシコのバラス川溪谷で6250年以上前に土着化された発祥の地である、ということである。テオシンテ(和名:豚モロコシ:*Zea mays* L. subsp. *Parviglumis* イネ科の雑草)という原産地の草が単一種のトウモロコシとして定着した、と考えられている(Matsuoka *et al.*, 2002)。メソアメリカ(訳注:考古学上の命名でメキシコ、グアテマラ、エル・サルバドル、ホンジュラス、ニカラグア、コスタリカ等にわたる地域)の人々が初期の原種を現代のトウモロコシに改良するまでにはおよそ5000年かかった(6250年前のオアハカ州のGuilá Naquitz 洞窟で発掘されたトウモロコシの実で証明された)。二つの世界(化石年代と近代)が互いに遭遇するまでに、現在のトウモロコシはすでにメソアメリカの人々の主食となっていた。現代のトウモロコシの開発は人間と高度に多様化した自然環境の相互作用の結果である。様々な地理的条件、気候、土壌と生物相がメキシコの狭い地理的環境の中で相互作用した結果、多くの明確かつ非常に異なったニッチ(生態学的地位)をもたらしたのである。これらのニッチの多くには、生きるためにそれぞれの生態系の資源を利用する約62の種族グループが住み着き、様々な作物を栽培種にした。トウモロコシは、彼等の主食として、テオシンテ(豚モロコシ)から移入された遺伝子を含む多様な自然の種を育んだ。

食糧として利用されるトウモロコシを育てるための合意形成や集団としての手続きは、長い期間かけて発達した(Hernandez X. 1987, 1993)。このプロセスは、「土着のトウモロコシ育種法(Turrent *et al.*, 2009)」として知られ、メキシコで広範な亜種を含む59種の在来トウモロコシが作られた(Sanchez *et al.*, 2000)。在来種のあるものは高度に適応し、あるものは厳しい乾燥に耐性を持ったり、そこから逃げ出したりした。また、あるものは極端な酸性やアルカリ性土壌にも生き残った。あるものは生存する地理的範囲を大きく広げた。即ち成熟期が非常に早いものや遅いものが出来た。59の在来種には、粒の色や、内胚乳、蛋白質、油の含有量等、多様なものがあり、それぞれの住民に応じた多文化食糧調達戦略に適応していた。62の種族グループは“nixtamalized(アルカリ発酵させた)”トウモロコシと約300種類のタマーリ(メキシコ料理の一種)から600種類の料理を作り上げた(Perez-Sanvicente, 2003)。Nixtamalization 又はアルカリ発酵はトウモロコシの栄養価を改善するために開発された。トウモロコシは数世紀に渡ってメキシコの主要な穀物である。植民地化の後、「征服者達」はアルカリ発酵の価値を評価することに失敗し、(当時はバイオテクノロジーの大躍進時代だったのだが)トウモロコシが広く普及し、貧困な人々の主食となっていた17世紀から18世紀にかけて、南ヨーロッパではペラグラ(栄養失調による病気)の大流行をもたらした。不幸にして、ペラグラはアフリカの一部で今も人間の脅威となって続いている。

土着トウモロコシの育種

メキシコの62の部族にとって、次のことは共通の手順である。1)固有の集団としての伝統的な利用を満足させるために、農場で一つ以上の在来種を維持すること。2) 近隣と種子を交換すること。3) 自分の種子と地域によって異なる(進化的に異なる)トウモロコシを導入して混合し、雑種を作ること。4) その雑種を植えて出来具合を判定すること。そして、5) 収穫した種子を穀物倉で典型的な在来種だけを選別する女達の手で選別にかかること。全体として、このプロセスは在来種を豊かにするために努力する開かれたシステムであり、文化的なコンセンサスに従って、新たな対立遺伝子を持ち込み、トウモロコシの収量の安定と粒の品質に影響を与えるものである。現在、約150万の農家が平行育種に似たこの手法を在来トウモロコシに適用している。収量や粒の品質といった重要な形質は、その性質上定量的であり、通常染色体上の特定の場所に連関しているので、こうした連関を断ち切り、より好ましい対立遺伝子を選別によって集めるには、多くの染色体の交差と組換えが必要である。この手順が5000年間にわたってトウモロコシの農

業生態系に適用されてきたのである。地域ごとに異なる種子の出所は、メソアメリカ内だけでなく、遠く南アメリカからも集められた。しかしながら、過去50年間の研究で、トウモロコシの農業生態系において人々が分布を広げた雑種は、在来種の**土着的トウモロコシ育種法**において、地域ごとに異なる固有の原料として使われてきた、ということが明らかになった。(先ず固有種を大切にするという)種子から花粉へ、という遺伝子流動のルートがトウモロコシの起源の中心的なプロセスであり、単なる花粉によるルートは二次的な役割であった。

食糧確保

メキシコの農業セクターは二つの部門からなる380万の農家から出来ている。即ち、農民（個人農家、通常は貧困層）と企業農業（大規模、商業ベース）である。全農業単位の66%は5ヘクタール以下の小農が従事している。企業的農家はより大規模で近代的な市場向けの農業単位である。メキシコにおけるトウモロコシの農業生態学的システムは現在850万ヘクタールをカバーし、非組換えトウモロコシを栽培している。現在、メキシコにおけるトウモロコシ栽培技術には相互作用する二つのソースがある。即ち、コロンブス以前の農業と伝統的な農業である。小農のセクターには、62の種族に加え、メスティーズ（訳注：アメリカインディアンとスペイン人の混血）の農家、それに少数のクリオール（訳注：フランス系移民の子孫）の農家が含まれる。彼等は伝統的な農法であるコロンブス以前の技術を使っている。59種類の在来トウモロコシは、大部分モノカルチャーで栽培され、少な目の肥料と農薬、除草剤を使っている。総じて、在来種はトウモロコシの農業生態学的システムの中で、最適からギリギリの条件まで幅広く適応する。59の在来種は田舎の食糧確保にとって基本的条件であり、多文化的食糧として、トウモロコシの国内需要のための唯一の源である。他方、企業農業セクターは、工業的農業モデルに従い、毎年個人や種子市場から買った非組換え種を栽培している。このセクターの農業は降雨に頼るばかりでなく灌漑も行なっている。現在、トウモロコシの農業生態系で栽培される25%のみが、毎年購入するハイブリッドの種子を植えており、75%は原種の在来種と花粉で自由に交雑した雑種の種子を植えている。メキシコのトウモロコシの農業生態系は2025年までに、毎年5700万トンに生産量を増加させるだけの資源を持っている。現在の年間消費量は3300万トンである。しかし、メキシコは概算消費量の32%に達する穀物市場に対して次第に依存度を高めつつある。こうした欠陥は、メキシコ政府が、トウモロコシの農業生態系の中で、遺伝子組換えトウモロコシの商業栽培を指向する、好ましくない傾向を示すものである。残念なことに、この戦略は食糧自給を確保する為の生物多様性のきわどい価値を誤って無視するものである。

遺伝子組換えトウモロコシと在来トウモロコシ

近代的な遺伝子組換え技術は、(外来遺伝子を)宿主の遺伝子にランダムに挿入する、ということは良く知られている。現在、少なくとも52種類の別個の遺伝子組換えトウモロコシが世界の組換え種子市場で利用可能である。52種類の殆ど全ての外来遺伝子挿入場所は、トウモロコシの染色体上のあちこちに分散して挿入されている可能性が高い。こうした組換え遺伝子の分散のために、有性生殖を通じて、それら全てを一つのゲノタイプ（遺伝子型）にまとめるべきである。さもなければ、52の組換え場所よりも少ない危険な集中限界が起るかもしれない。商業栽培されている組換え遺伝子は独立して発現し、宿主のDNAによる制御を受けない、ということも分かっている。組換え遺伝子のプロモーターは永久にアクティブであり、細胞核での転写を行い、リボソームで組換え遺伝子の翻訳で蛋白質を作り続け、エネルギーやその他のインプットを競合して宿主のDNAと相互作用する。ある一つのゲノタイプの中の一つあるいは数個の組換え遺伝子は、宿主生物にとって強い代謝の障害をもたらすことはない、と考えられる。しかし、時と共に組換え遺伝子が集中すれば危険な限界がくることはありうる。

討論

もし、メキシコで遺伝子組換えトウモロコシが商業栽培されるようになれば、原種トウモロコシと遺伝子組換えトウモロコシの共存は殆ど不可能である。少なくとも4つの因子が絡み合い、原種トウモロコシに組換え遺伝子が次第に不可逆的に入り込むだろう。1) 原種トウモロコシの栽培; 2) 遺伝子組換えトウモロコシが、地域ごとに異なる遺伝物質として利用されメキシコに適応する第二の波が起こる。3) トウモロコシの繁殖の生物学的性質。そして 4) 先に述べたような現在の組換えDNA技術の欠陥、である。長期的には(20年またはそれ以上)、在来トウモロコシの多様性を減少させる組換え遺伝子の危険な限界が発生する。在来種トウモロコシとその亜種の多様性は食糧安全保障と食糧としてのトウモロコシの多文化的利用にとって決定的であるので、非組換えと組換えを少しばかり栽培しても、食糧確保はまったく解決できないだろうし、食糧の多文化的利用のための多様なトウモロコシの利用にさらに悪

影響を与えるだろう。メキシコ政府は最近、遺伝子組換えトウモロコシの試験栽培を24箇所で行なうために、複数の多国籍コンソーシアムに許可を与えた。シナロア、ソノーラ、チファファ、タムリパスなど、全てメキシコ北部の州である。実験場に選ばれた地域は、灌漑用水による栽培面積が754000ヘクタール、そして雨水栽培の面積が284000ヘクタールをカバーしている。この地域には5つの少数民族が共存しており、約29種類の在来トウモロコシの発祥地である。2005年に議会を通過した法律によれば、遺伝子組換えトウモロコシの採用は3段階に分けて行なわれる。実験的段階、試験的段階、そして商業栽培、である。遺伝子組換えトウモロコシの商業栽培にかける現在の機運が変わらない限り、多国籍種子企業は3段階のプロセスを出来るだけ短縮し、国中に組換え技術を開放させようと望むのは目に見えている。立法府や科学界に属するいくつかのセクターがこのプロセスを推進するための戦略を活発化させており、遺伝子組換えトウモロコシ導入をスムーズに行なうための知恵を検討している。一体誰が得をしようとし、誰がそのコストを払うのか？

結論

- 1) トウモロコシの遺伝子組換え技術は、トウモロコシによる食糧確保とメキシコにおける食べ物としてのトウモロコシの多文化的利用にとって不必要である。
- 2) 原種在来トウモロコシは食糧確保とメキシコにおける多文化的利用の両方にとって必要である。
- 3) 地域的に異なるトウモロコシの育種技術は、トウモロコシの遺伝的多様性を育み、トウモロコシの遺伝的多様性は組換えトウモロコシによる干渉や交雑から保護されなければならない。
- 4) これらの理由から、遺伝子組換えトウモロコシの栽培や輸入はメキシコで禁止すべきである。

REFERENCES

- Hernández Xolocotzi, E. 1987. Experiences leading to a greater emphasis on man in ethnobotanical studies. *Econ. Bot.* 41 (1): 6-11. <http://www.springerlink.com/content/cu4h1814p6744207/>
- Hernandez Xolocotzi, E. 1993. La agricultura tradicional como una forma de conservar el germoplasma de los cultivos in situ. In: *Biología, Ecología, y Conservación del género Zea*. B.F. MBenz (comp). Universidad Autónoma de Guadalajara. Guadalajara, Méx. Pp: 243-256.
- Matsuoka, Y., Vigourox, Y., Goodman, M.M., Sanchez, J., Buckler, E. & Doebley, J. 2002. A single domestication for maize shown by multilocus microsatellite genotyping. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 99 (9): 6080-6084. <http://www.pnas.org/content/99/9/6080.abstract>
- Perez-Sanvicente, G. 2003. Repertorio de tamales mexicanos, Núm. 15. Colección Cocina Indígena y Popular. Conaculta CNCA-DGCPI-Dirección General de Publicaciones. México. D.F. 264p. http://sic.conaculta.gob.mx/ficha.php?table=publicacion_dgcpi&table_id=107
- Sanchez, J.J., Goodman, M. & Stuber, G.W. 2000. Isozymatic and morphological diversity in the races of maize of Mexico. *Economic Botany* 54 (1): 43-59. <http://www.springerlink.com/content/vk00577864773685/>
- Turrent-Fernández, A., Serratos-Hernandez, J.A., Mejía-Andrade, H. & Espinosa-Calderon, A. 2009. Liberación comercial de maíz transgénico y acumulación de transgenes en razas de maíz mexicano. *Rev. Fitotec. Mex.* 32(4): 257-263. <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=61011789001>