

遺伝子組換え作物の花粉飛散による交雑問題

川島茂人（京都大学）

1. はじめに

食の安全と安心に対する国民の関心が高まる中、遺伝子組換え技術を用いて作られた作物の安全性や環境への影響が懸念されている。遺伝子組換え体植物が環境に与える影響の一つとして、花粉飛散による交雑が引き起こす遺伝子フロー（gene flow）の問題がある。これは、人為的に組み換えられた遺伝子が、非組換え体植物の中に入り込み、自然界の中に広がってしまうという問題である。とりわけ風媒花であるトウモロコシの場合には、気象条件次第でかなり広範囲に遺伝子組換え体の花粉が拡散し、周辺に生育している非組換え体トウモロコシに交雑を発生させる可能性がある。近年の具体的な事例として、2000年に米国で起こった「スターリンク問題」がある。これは飼料用組換え体作物であるスターリンクの種子が、食品材料用種子に混入していたことが端緒となった問題である。この問題により、遺伝子組換え体トウモロコシによる交雑の発生が重要視されるようになり、トウモロコシ花粉の飛散距離や、距離に伴う交雑率の変化が注目され、関連する研究がさかんに行われるようになった。

2. これまでの研究概要

遺伝子組換え体植物が環境に与える影響が問題視される以前から、花粉による遺伝子フローを明らかにするための研究は、遺伝育種などの分野を中心に行われてきた。特に、気象条件やドナー群落からの距離が交雑率に与える影響について検討した研究として、Wang ら、Rognli ら、Louette らなどの論文がある。これらの研究では、花粉放出源であるドナー群落からの距離に伴う交雑率の減衰特性について、風の条件や土地利用などの観点から調査解析している。また、近年では、遺伝子工学の進歩に伴い、マイクロサテライトなどの分子マーカーを利用した遺伝子フローや交雑などの研究が多く行われている（例えば、Heuertz ら、Austerlitz ら）。以上のように、交雑については多くの研究が行われているが、気象などの環境条件と交雑率の関係を調査解析した研究は少ない。

川島らは、短期的な遺伝子フローを明らかにするために、トウモロコシ種子の持つキセニア現象を利用して、風で運ばれる花粉によって発生する2種類のトウモロコシ間の交雑率を実験的に調べ、交雑率が、ドナーとなるトウモロコシ群落からの距離によってどのように変化するかを、気象条件との関係に留意しながら明らかにした。その結果、交雑率はドナー群落からの距離に従って指数関数的に減少すること、距離に伴う交雑率の減少率は一定ではなく、ドナー群落に近い場所では大きく、ドナー群落から遠い場所では小さいこと等が明らかになった。

さらに川島らは同様の実験を継続して行い、ドナー群落からの距離に対する交雑率の変化と気象条件などとの関係を解析した結果、同じ距離でも気象条件によって交雑率は数倍変化することや、距離と交雑率の関係を決定する第1の要因は総花粉飛散数であり、第2の要因は風速と風向であること、などを明らかにした。一連の実験によって、ドナー群落から60m程度離れたレシピエントにおいても、0.1%程度の交雑率が得られたため、より遠距離における交雑率の変化を知る必要性が明らかになった。また、これまで数十m以上の遠距離における花粉飛散と交雑率を、気象観測とともに実施した研究は少ない。以上のような研究をふまえて、我々の研究グループは、プロジェクトを継続的に実施している。

3. 今後の検討課題

圃場における実験値を、より多く取得することも重要であるが、一方では、「花粉飛散交雑予測モデル」を、より一般的なモデルに拡張することが必要とされる。具体的には、以下に示すようなモデルの拡張、改良である。

(1) 栽培圃場の形状は、ドナーとする圃場のみならず、レシピエント圃場についても、任意な形状が設定できるようにモデルを改良する。

(2) レシピエント圃場からの花粉の放出と拡散過程についても、モデルの中に組み込む。

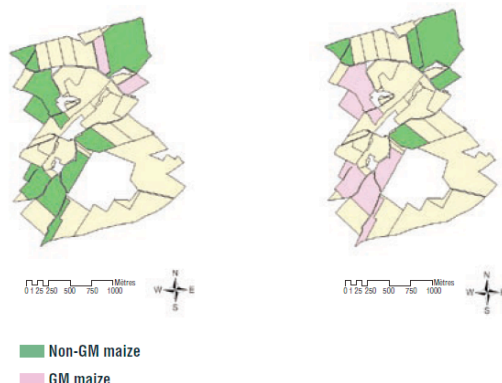
(3) 計算に用いる交雑期間など、開花期の予測などを用いて、モデルで推定できるようにする。

(4) 土地利用規模や形態のパラメタライズ方法について、研究開発を行う必要がある。

(5) 全国の農業地帯における、風向や風速などの局地気象特性をパラメタライズして、モデルに反映する手法について、研究開発を行う必要がある。

Situation with 10% of GM maize in the landscape

Situation with 50% of GM maize in the landscape



Source: Courtesy of the Institute for the Protection and Security of the Citizen, Joint Research Centre of the European Union

Fig.1 EUにおける Gene flow に関する広域的な研究の例
ピンク色のところがGMトウモロコシ、緑色のところが非GMトウモロコシ
左図は景観の中に10%のGMトウモロコシがある場合
右図は景観の中に50%のGMトウモロコシがある場合

最初の課題は、地域ごとの土地利用規模の大小が、モデルに反映できるようになることを意味する。そのために、土地利用規模や形態のパラメタライズ方法について、検討を行う必要があり、新たな研究の一環として行うことになる。さらに、様々な地域における、風向や風速の特徴を、パラメタライズして、モデルに反映させる手法についても、開発を行う必要がある。

4. 研究方針 <モデルを用いた研究の重要性>

これまでに開発した「花粉飛散交雑予測モデル」を、より一般的なモデルに拡張するための研究を行う。また、今後の研究においては、モデルそのものの開発と改良の研究以外に、モデルに関連した諸パラメータに関する研究、パラメタリゼーション手法の開発に関する研究が不可欠であると考え。より具体的に述べると、

- (1) ドナー圃場、およびレシピエント圃場の規模・形状とそれらの配置、
- (2) 風向、風速、気温、降水量等の気象条件、
- (3) 栽培期間、

などの条件を、すべて取り込むことが可能なモデルを開発する研究が、まず必要であり、同時に、上記のような条件を、モデルに取り込む適切な方法論について研究開発することが重要であると考え。

交雑率の大小に与える主たる要因を明らかにするとともに、少しでも交雑率を低くしようと考えるならば、各地の気象条件にあった栽培（時間的な配置）と、土地利用区画（空間的な配置）を良く考えることが重要。同時に、花粉総量をできるだけ小さくする工夫も重要となる。

モデル研究の有効な点は、様々な条件を想定して、合理的な評価や予測が行えるばかりでなく、実際に考えられる条件を設定して、具体性に富む説得力のある値を算出できるところにある。

モデル研究にはこのような特徴があるため、我が国における遺伝子組換え作物の共存に向けて行われる今後の研究においても、モデル研究の必要性や重要性は、益々高まるものと考えられる。今後の共存研究や交雑率のモデル化などにおいては、これまでの研究でわかったことを生かすことが肝要である。特に、以下の2点に留意が必要である。

- (1) どのような基準で、どれくらいの敷居値をもうけるのか。
- (2) その敷居値を下回るようにするには、どのような要因をどうやって調整・制御すればよいのか。