

---

# ERAプロジェクト調査報告

---

February 2018

バイオテクノロジー研究会



ILSI  
Japan

特定非営利活動法人

国際生命科学研究機構

International Life Sciences Institute Japan

International Life Sciences Institute, ILSI は、1978年にアメリカで設立された非営利の団体です。

ILSI は、科学的な視点で、健康・栄養・安全・環境に関わる問題の解決および正しい理解を目指すとともに、今後発生する恐れのある問題を事前に予測して対応していくなど、活発な活動を行っています。現在、世界中の400社以上の企業が会員となって、その活動を支えています。

多くの人々にとって重大な関心事であるこれらの問題の解決には、しっかりとした科学的アプローチが不可欠です。ILSI はこれらに関連する科学研究を行い、あるいは支援し、その成果を会合や出版物を通じて公表しています。そしてその活動の内容は世界の各方面から高く評価されています。

また、ILSI は、非政府機関（NGO）の一つとして、世界保健機関（WHO）と協力関係にあり、国連食糧農業機関（FAO）に対しては特別アドバイザーの立場にあります。アメリカ、ヨーロッパをはじめ各国で、国際協調を目指した政策を決定する際には、科学的データの提供者としても国際的に高い信頼を得ています。

特定非営利活動法人国際生命科学研究機構（ILSI Japan）は、ILSI の日本支部として1981年に設立されました。ILSI の一員として世界的な活動の一翼を担うとともに、日本独自の問題にも積極的に取り組んでいます。

# まえがき

2018. 2

バイオテクノロジー研究会

2018年の調査報告書第1号（通算第36号）をお届けします。

本号では、遺伝子組換え技術を用いて病害抵抗性を付与した研究結果としてアジアダイズさび病抵抗性ダイズ（No.350）、コムギさび病抵抗性コムギ（No.351）、ジャガイモ葉巻ウイルス病抵抗性ジャガイモ（No.354）、ミラフィオリレタス主葉脈ウイルス病抵抗性組換えレタス（No.355）における報告を紹介します。その他の有用形質を付与した研究結果としては、アスタキサンチン脂肪酸エステルを高率生産する色素体組換えレタス（No.352）や熱ストレスに対して耐性が向上するポリアミノキシダーゼ遺伝子発現抑制タバコ（No.359）における報告をご紹介します。

また、わが国における環境リスク評価に関する報告として、輸入された遺伝子組換えダイズ（*Glycine max* (L.) Merr.）から日本の野生ダイズ（ツルマメ）（*Glycine soja* Seib. Et Zucc.）への導入遺伝子の遺伝子浸透の可能性について評価した報文（No.358）を紹介します。

さらに、応用一般均衡分析によるアプローチを用いた遺伝子組換え作物の日本経済に対する浸透度・貢献度に関する報文（No.357）、バイオ燃料の特許の変遷を関連研究開発の成果（発明）の指標として用いた世界的解析（No.356）、中国国家情報センター・大学、米国大学の共同チームによる中国におけるGM作物採用の推進策（No.353）を紹介します。

なお、これまでに調査報告でご紹介した文献抄訳は、以下のURLで閲覧可能です。

<https://ilsijapan.sakura.ne.jp/pnamazu/namazugi>

## 目次

No.350	キマメ由来遺伝子の導入によるアジアダイズさび病抵抗性ダイズの作出 A pigeonpea gene confers resistance to Asian soybean rust in soybean	1
No.351	アポプラスト標的植物ディフェンシン遺伝子 <i>MtDef4.2</i> の発現により葉さび病原菌 <i>Puccinia triticina</i> 抵抗性であるが共生菌根菌に対しては影響のない組換えコムギの作出 Expression of apoplast-targeted plant defensin <i>MtDef4.2</i> confers resistance to leaf rust pathogen <i>Puccinia triticina</i> but does not affect mycorrhizal symbiosis in transgenic wheat	2
No.352	アスタキサントリン脂肪酸エステルを高率生産する色素体組換えレタス ( <i>Lactuca sativa</i> ) の作出及び生成カロテノイドの化学的解析 Construction of transplastomic lettuce ( <i>Lactuca sativa</i> ) dominantly producing astaxanthin fatty acid esters and detailed chemical analysis of generated carotenoids	3
No.353	中国における GM 作物採用の推進策 How China can enhance adoption of biotech crops	4
No.354	Cre- <i>loxP</i> 切出しシステム及び RNAi に基づくマーカーフリー-PLRV 抵抗性 ジャガイモの作出 Marker-free PLRV resistant potato mediated by Cre- <i>loxP</i> excision and RNAi	5
No.355	マーカーフリー・ミラフィオリレタス主葉脈ウイルス病抵抗性組換えレタスの作出 Development of marker-free transgenic lettuce resistant to <i>Mirafiori lettuce</i> <i>big-vein virus</i>	6
No.356	バイオ燃料に関するイノベーションの栄枯盛衰 The rise and fall of innovation in biofuels	7
No.357	遺伝子組換え作物の日本経済に対する浸透度・貢献度について —応用一般均衡分析によるアプローチ— Evaluation on the penetration and contribution of genetically modified crops to Japanese economy —An applied general equilibrium approach—	8
No.358	環境リスク評価の一環としての輸入遺伝子組換えダイズ ( <i>Glycine max</i> (L.) Merr.) から日本の野生ダイズ (ツルマメ) ( <i>Glycine soja</i> Seib. Et Zucc.) への導入遺伝子 の遺伝子浸透の可能性評価 Likelihood assessment for gene flow of transgenes from imported genetically modified soybean ( <i>Glycine max</i> (L.) Merr.) to wild soybean ( <i>Glycine soja</i> Seib. Et Zucc.) in Japan as a component of environmental risk assessment	9
No.359	アポプラスト型ポリアミンオキシダーゼの発現抑制によるタバコの熱耐性の改善 Underexpression of apoplastic polyamine oxidase improves thermotolerance in <i>Nicotiana tabacum</i>	10

## キマメ由来遺伝子の導入によるアジアダイズさび病抵抗性ダイズの作出

A pigeonpea gene confers resistance to Asian soybean rust in soybean

Kawashima C G *et al.*

Nature Biotechnology 34: 661-665, 2016

英国・ブラジル・米国・開発企業の共同チームによる原著論文である。ブラジルのダイズ生産量は全世界の30%（第2位）を占めるが、アジアダイズさび病（ASR）が発病した場合には40~80%減収する可能性があり、防除費用（年間2000億円）もかかる。筆者らはマメ科作物キマメ（*Cajanus cajan*）由来の ASR 抵抗性遺伝子の導入による ASR 抵抗性ダイズの作出を試み、以下の結果を得た。

- （1）既存ダイズ遺伝資源の限界：ブラジル・北米の ASR 抵抗性遺伝資源は乏しく、わずかに北米の33品種が中程度の ASR 抵抗性を示した。
- （2）キマメ由来 ASR 抵抗性遺伝子の特定：ASR の多犯性から逆にマメ科作物中の ASR 抵抗性遺伝子の存在を想定し、ダイズの近縁であるキマメ52品種の検定により完全抵抗性品種 G119-99を選出した。同品種は米国・日本由来の ASR 病原菌に対しても完全抵抗性を示した。この遺伝子座に関する分子生物学的解析により、ASR 抵抗性遺伝子 *CcRpp1* を特定した。
- （3）ASR 抵抗性ダイズの作出：同抵抗性遺伝子をボンバードメント法によりダイズ栽培品種に導入し、抵抗性2イベントについて、T<sub>1</sub>世代を調査した。抵抗性遺伝子をホモで持つ37個体は99%以上の完全抵抗性、半接合で持つ71個体は60~71%の抵抗性、抵抗性遺伝子を持たない40個体は明瞭な被害葉を生じた。ホモ接合性抵抗性個体は、発芽率、生育に異状はなかった。
- （4）総括：キマメ由来の ASR 抵抗性遺伝子を導入した ASR 抵抗性ダイズ系統が作出された。本結果は広いマメ科作物由来の抵抗性遺伝子の利用の可能性を示唆すると考えられる。

**アポプラスト標的植物ディフェンシン遺伝子 *MtDef4.2* の発現により葉さび病病原菌 *Puccinia triticina* 抵抗性であるが共生菌根菌に対しては影響のない組換えコムギの作出**

Expression of apoplast-targeted plant defensin *MtDef4.2* confers resistance to leaf rust pathogen *Puccinia triticina* but does not affect mycorrhizal symbiosis in transgenic wheat

Kaul J *et al.*

Transgenic Research 26: 37-49, 2017

米国大学・研究所の共同チームによる原著論文である。コムギは食料（カロリーベース）の20%を占め、今後の生産性増強は必須であるが、コムギさび病により最大50%減収し、慣行育種による対応には限界があった。コムギさび病菌（WR）は細胞壁を貫通するが原形質膜は貫通しない。そこで著者らは、アポプラスト（細胞壁・細胞間隙）を標的とする抵抗性防御遺伝子の導入を試み、以下の結果を得た。

- (1) 組換えコムギの作出：慣行品種 Bobwhite (BW) 及び Xin Chun9 (XC9) に、ウマゴヤシ科 (Medicago) 由来のアポプラスト標的抗菌植物ディフェンシン遺伝子 *MtDef4.2* を導入し、自殖によりホモ接合 T<sub>6</sub> 世代 4 系統 (BW-A-11, BW-B-4, BW-F-10, XC9-104-1) を選出した。
- (2) 抵抗性遺伝子の発現：*MtDef4.2* 遺伝子の上記 4 系統における相対発現（内標はコムギ *Ta2291* 遺伝子）は、葉では 319、628、182、442；根では 9、57、28、8 であった。
- (3) 葉のさび病抵抗性：3 葉期の接種試験では一部に過敏感反応があったが、4 系統すべて抵抗性を示し、特に XC9-104-1 は高度の抵抗性を示した。
- (4) 組織病理学的解析：抵抗性が最も強い XC9-104-1 の例では、吸器形成前後の抵抗性が病徴発現を抑制していることが示された。
- (5) 共生菌根菌への影響：抵抗性 2 系統生育土壌による生物検定（コムギ）では、草丈・根のコロニー形成率のどちらも対照と有意差を示さず、負の影響は検出されなかった。
- (6) 生育及び種子形質：発芽率・出芽率・栄養生長には有意差はなかった。種子形質にも大差はなかったが、抵抗性最強 2 系統は一穂種子数及び種子重が有意に低かった。
- (7) 総括：アポプラストを標的に抵抗性遺伝子 *MtDef4.2* を導入した組換えコムギ系統は、コムギさび病に十分な抵抗性を有し、また共生菌根菌にも負の影響を与えなかった。

## アスタキサンチン脂肪酸エステルを高率生産する色素体組換えレタス (*Lactuca sativa*) の作出及び生成カロテノイドの化学的解析

Construction of transplastomic lettuce (*Lactuca sativa*)  
dominantly producing astaxanthin fatty acid esters and detailed  
chemical analysis of generated carotenoids

Harada H *et al.*

Transgenic Research 23: 303-315, 2014

日本の産学研究グループによる原著論文である。アスタキサンチンは、サケ・マスの紅肉やカニ・エビの赤色甲羅に存在するカロテノイドの一種で、人間の保健・美容に貢献しており、市場化も進んでいる。アスタキサンチンにはエステル型と遊離型の2種類があり、貯蔵・加工にはエステル型が適する。植物では近年の代謝系改変によりトウモロコシ・トマト・ニンジン・ジャガイモ・ナタネの可食部分への蓄積が報告されているが、トマト以外はすべて遊離型であった。著者らはエステル型アスタキサンチンを高度に蓄積するレタスの作出を試み、以下の結果を得た。

- (1) 組換えレタスの作出：海洋バクテリア *Brevundimonas* 由来の *crtZ* 遺伝子及び *crtW* 遺伝子、*Paracoccus* 由来の *idi* 遺伝子の3つの遺伝子を、慣行レタス品種 Berkeley 及び Cisco の葉緑体ゲノムに形質転換し、最終的に葉緑体形質転換体3系統 (ZWide 1, ZWide 2, ZWide 3、いずれも Berkeley 背景) を選出した。
- (2) 組換え系統の生育：生長率・着花・開花・結実・種子重は対照と有意差がなかった。発芽率は組換え系統98.8%、対照は93.1%であった以外は、組換え系統は正常な表現型を継続・維持した。
- (3) カロテノイド解析：カロテノイド含量 ( $\mu\text{g/g}$  新鮮重) は組換え系統が230、対照が89、前者が有意に増大していた。構成要素は、二価エステル型49.2%、一価エステル型18.2%、計67.4%と卓越して高かった。遊離型は、10.0%、その他17.5%を含め、人為合成カロテノイドは全体の94.5%に達した。
- (4) 総括：海洋バクテリア由来の3遺伝子を導入した葉緑体形質転換レタスは、正常な表現型を維持し、エステル型アスタキサンチンを全体の67.4%の高率で作出した。本報告はアスタキサンチン高率生産作物に関する初めての報告である。

## 中国における GM 作物採用の推進策

### How China can enhance adoption of biotech crops

Han F *et al.*

Nature Biotechnology 34: 693, 2016

中国国家情報センター・大学、米国大学の共同チームによる短報である。

- (1) 中国 GM 作物の現状：研究・技術面は発展しているが、社会的・公衆的政策決定は遅く、GM 作物の採用が遅れている。地方から都市への人口移動継続・中間層の急増により、食料安全保障・環境保全是国家戦略となっている。GM 作物はこの目標達成の一環となるべきであるが、反 GM グループの動きは増大し、政府は GM 作物の推進と採用に慎重となっている。
- (2) 原因：直接的には食品安全性スキャンダルと環境劣化の急増、政府の消極的対応、過去の GM 作物リスク誇張宣伝、などが積み重なって GM 作物不信が進行している。
- (3) 政府文書：2016年1月に政府は「第1号中枢文書」の中で「農業近代化」を特記し、「より効率的・包括的・環境順応的農業」の推進を公言した。GM 作物による農薬・労力の削減の貢献が認識されるべきである。
- (4) 提言：1) GM 作物便益の明確な公報：過去の多収偏重を改め、高品質、安全、低コスト、環境順応の GM 作物の便益を明示し、生産者・消費者・政府の便益共有を推進する。2) 公衆への教育宣伝活動の強化、消費者対象に特化した GM 作物安全性教育宣伝活動を早急に開始すべきである。研究者の役割は特に重要であり、反 GM グループを利した過去の不正情報を正し、GM 作物安全性の科学的根拠を明示すべきである。研究者が公衆の信頼を獲得し、これに基づいて GM 作物公衆政策やバイオテクが推進されることとなる。



## Cre-loxP 切出しシステム及び RNAi に基づくマーカーフリー-PLRV 抵抗性ジャガイモの作出

### Marker-free PLRV resistant potato mediated by Cre-loxP excision and RNAi

Orbego Zo J *et al.*

Transgenic Res 25: 813-828, 2016

国際ジャガイモセンター（在ペルー）研究者による原著論文である。ジャガイモ葉巻ウイルス（PLRV）病は大減収をもたらす難病であるが、慣行法による防除には限界があった。一方、抗生物質耐性選抜マーカー（*nptII* など）使用に対する懸念が存続している。著者らはバイテク手法によるマーカーフリー-PLRV 抵抗性ジャガイモの作出を試み、以下の結果を得た。

- (1) 導入遺伝子：PLRV をロックダウンする siRNA 配列、抗生物質耐性遺伝子 *nptII*、及び熱処理誘起 DNA 組換え酵素 CRE をコードする *cre* 遺伝子の発現カセット。*nptII* 及び *cre* の発現カセットは CRE の認識配列である Lox-P 配列で挟まれており、CRE が活性化されると切り出される。
- (2) 組換えジャガイモの作出：(1) の 3 種類遺伝子の発現カセットを含む遺伝子構造物を慣行品種 Desiree にアグロバクテリウム法により導入し、最終的に塊茎形成53系統を選出した。
- (3) PLRV 抵抗性検定：1) 羅病性台木接木接種試験：接木接種後、30、60、90日後に DAS-ELISA 検定を実施し、抵抗性の認められた10系統については、再度接種試験を実施した。再試験において、10系統のうち7系統が抵抗性を示した。抵抗性7系統うち4系統は無発病の非常に強い抵抗性を示した。2) 次世代検定：前記各抵抗性系統の塊茎から再生した次世代の抵抗性を検定した。非常に強い抵抗性4系統の次世代系統は非常に強い抵抗性を維持・継承した。これは新知見である。
- (4) 熱処理による *nptII* の切出し：抵抗性1系統の外植片を42℃ 3時間処理し、その後シュートを誘導し、最終的に58の再分化個体を得た。得られた再分化個体について、PCR 法によって *nptII* の切出し状況を調べた結果、41個体（71%）で Lox-P 配列に挟まれた領域が切り出されていることが確認され、Cre-loxP システムの有効性が確認された。
- (5) siRNA と PLRV 抵抗性との関係：正の相関関係が検出され、前者による後者の早期予測の可能性が示唆された。
- (6) 総括：PLRV 逆位外被タンパク質分節遺伝子の導入により、当代及び次世代において非常に強い抵抗性を持つジャガイモ4系統が作出された。（注：今後、ほ場試験による PLRV 抵抗性及び ERA が必要である）。

## マーカーフリー・ミラフィオリレタス主葉脈ウイルス病抵抗性 組換えレタスの作出

### Development of marker-free transgenic lettuce resistant to *Mirafiori lettuce big-vein virus*

Kawazu Y *et al.*

Transgenic Res 25: 711-719, 2016

日本の国研研究者による原著論文である。ミラフィオリレタス主葉脈ウイルス (MLBVV) 病は世界的病害であるが、高度抵抗性品種は育成されていない。著者らはバイテク手法により抵抗性系統の作出を試み、以下の結果を得た。

- (1) 供試形質転換ベクター：2つの T-DNA 配列を持つ Ti プラスミドバイナリーベクターを使用。一方の T-DNA に *nptII* 遺伝子の発現カセット、他方の T-DNA に MLBVV 外被タンパク質遺伝子をノックダウンさせるための RNAi 配列 (抵抗性遺伝子) の発現カセットが配置される。
- (2) 組換え系統の作出：前記形質転換ベクターを持つアグロバクテリウムをレタス慣行品種 Watson (羅病性) 及びフユヒカリ (抵抗性中) に感染させた。得られた再分化個体 (T0) のうち、PCR により抵抗性遺伝子の導入が確認された個体の自家交配後代 (T1) 312系統を得た。最終的に T2世代で抵抗性かつマーカーフリーの 7 系統、及び抵抗性かつマーカー保有の 2 系統を以降の試験に用いた。
- (3) *nptII* マーカー及び MLBVV 抵抗性の分離：上記 9 系統について、更に世代を更新し、最終的に、T3~T6世代において、それぞれの系統から、マーカーフリー、MLBVV 高度抵抗性、抵抗性遺伝子を 1 コピーのみ保有する 6 系統を得た。
- (4) 抵抗性遺伝子の発現：ノーザン法により、6 系統すべてにおいて、抵抗性遺伝子 (siRNA) の発現を確認した。
- (5) 総括：MLBVV 外被タンパク質遺伝子の RNAi によるノックダウンにより、マーカー遺伝子フリーの MLBVV 病高度抵抗性レタス系統が作出された。これらの系統は育種材料あるいは抵抗性品種としての使用が期待される。(註：今後、ほ場テストによる評価が必要である)。

## バイオ燃料に関するイノベーションの栄枯盛衰

### The rise and fall of innovation in biofuels

Albers SC *et al.*

Nature Biotechnology Vol34 No.8: 814-822, 2016

米国の大学グループによるレビューである。著者らはバイオ燃料の特許の変遷を関連研究開発の成果（発明）の指標として用い、1970～2013年の世界的解析を行った。

- (1) バイオ燃料の発明の推移：100ヶ国、81機関、発明数約22,000、特許数約66,000（含分割出願）に基づく、以下の推移が示された。1）1970年代の初動期、2）オイル危機（1979年）から1990年初期への微増、3）1990年中期～後期の年率20%の増加、4）2004～2008年の急増（平均4倍増）、5）2008～2013年の世界的財政危機及び石油価格の下落による年率3.3%への急落、などである。
- (2) 国別・機関別の解析：2000年以前は日本がリード国であったが、以後は欧州、米国；全発明数中の比率は米国35%、欧州25%、日本18%、その他22%。中国は特異的で2010年以降に急増している。全体の大半（56%）は民間会社、公立機関20%官民共同は5%、個人は19%である。米国・欧州では2/3が民間会社、日本は75%が民間会社、中国では38%が公立機関である。
- (3) バイオ燃料製造技術による分類：
  - 1) 第1世代：i) 糖料・デンプン粉作物の醗酵によるアルコール類：サトウキビ（ブラジル）、トウモロコシ（米国）、キャッサバ（東南アジア）の醗酵によるエタノール製造である。ii) 油糧作物からのバイオディーゼル：油糧作物（ダイズ・ナタネ・オイルパーム）・動物残骸などのエステル化交換による製造である。iii) バイオガス：未精製・廃棄バイオマスの嫌氣的発酵により製造される。
  - 2) 第2世代：iv) セルロース原料エタノール：木質・繊維質バイオマスの加水分解により製造される。v) バイオマスの熱化学変換：セルロース等の長鎖物質を熱化学的変換（熱分解・気化）により最終的にアルコールなどを製造する。vi) 光合成による燃料・前駆物質の直接的生物合成：湛水培養された単細胞藻類の光合成による植物油の製造である。
- 3) 重要性：発明数・実在する市場価値・製造設備などにおいて第1世代は第2世代をはるかに凌駕している。第2世代への投資は減少しつつある。
- (4) 中国の特異性：少数機関の発明独占、市場化の不在、非純国産技術の公表などの問題点を有しつつ、近年急成長しつつある。
- (5) 総括：第1世代の優位性は継続されるが、近年の世界的財政低迷や石油価格の低下により、バイオ燃料全体としての将来性は不透明であると予想される。

**遺伝子組換え作物の日本経済に対する浸透度・貢献度について  
—応用一般均衡分析によるアプローチ—**

Evaluation on the penetration and contribution of genetically modified crops to Japanese economy  
—An applied general equilibrium approach—

齋藤之美、齋藤勝宏  
創価経済論集 46：45-63, 2017

日本の大学経済学識者による報文。

- (1) 遺伝子組換え作物の世界的現状：商業栽培20年を経て、大豆・トウモロコシ・ジャガイモ・アルファルファなど合計1億8,000万 ha に栽培され、人々の生活・経済に深く浸透している。一方、一部の反対者が依然として存在している。
- (2) 日本の穀物輸入：大豆・トウモロコシの9割以上を輸入その7割は組換え種子、計約1,600万トン。大豆油はほぼ100%、飼料穀物の大半は組み換え作物に依存している。
- (3) 組換え穀物（大豆・トウモロコシ）の経済効果：食品原材料・乳製品・加工品を含めた粗付加価値額は1兆8,000億～4兆4,000億円に達し、コメ産業に匹敵する。輸入が止れば、動植物性油脂・鶏肉・卵などの国内価格は2倍に高騰すると予測されている。
- (4) 組換え作物の安全性：米国の科学・工学・医学の3学術団体が過去の実績及び1,000件以上の論文を調査し、安全性を確認している。こうした研究の積み重ねにより国際的理解が進んでいる。
- (5) 日本で予想されるニーズ：少子化・高齢化による労働力不足が深刻となり、省力型・低農薬型の農作物、各年齢層への機能性食品などへのニーズの増加が予想される。
- (6) 結語：新品種の効率的開発への遺伝子組換え技術の有用性は明確である。これを消費者が今後どう受け入れるかが注目される。

註：読売新聞「論点」（2017・3・1）に紹介。時宜を得た論述であり、特に最後に消費者の動向に言及したのが要点と思われる。要約執筆者はERAを主体とした論述を以前に行い、GM作物を含めた農業生産の基本戦略の構築の必要性を述べた〔読売新聞「論点」2007・2・28〕。

## 環境リスク評価の一環としての輸入遺伝子組換えダイズ (*Glycine max* (L.) Merr.) から日本の野生ダイズ (ツルマメ) (*Glycine soja* Seib. Et Zucc.) への導入遺伝子の遺伝子浸透の可能性評価

Likelihood assessment for gene flow of transgenes from imported genetically modified soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) to wild soybean (*Glycine soja* Seib. Et Zucc.) in Japan as a component of environmental risk assessment

Goto H *et al.*

Breeding Science 67: 348-356, 2017

モンサント社及び日本の大学研究者による報文。日本には、栽培ダイズと交雑可能なツルマメが存在するため、遺伝子組換えダイズの環境リスク評価において、交雑に起因する遺伝子浸透の可能性が長年懸念されてきた。著者らは、食品・飼料・加工用 (Food/Feed/Processing: FFP) 利用を目的として輸入された GM ダイズからツルマメの遺伝子浸透の可能性を評価するため、輸入港から加工施設までの経路沿いの土地における栽培ダイズ/ツルマメの検証を行い、暴露量の評価を行った。

- (1) 調査ルート：博多/鹿島の2港のダイズ陸揚げ地点周辺及び、博多港から加工施設へ至る輸送ルートとして、博多港2ルート、鹿島港1ルート合計3ルートを調査した。
- (2) 調査ルート沿いの土地利用区分：調査対象とした土地の8割以上は、セメントやアスファルトで舗装され、ダイズの生育が不可能な土地であった。一方でダイズが生育可能な状態にある土地は、調査ルート沿いの土地の8.4~12.9%であった。
- (3) 港湾周辺における輸入栽培ダイズのこぼれ落ち調査：港から半径5kmの範囲で、博多港では6調査地点中2地点からこぼれ落ち種子が見つかった。鹿島港では5調査地点いずれからも見つけられなかった。
- (4) 調査ルート沿いの土地におけるツルマメ調査：2港から加工施設までの3ルート、3ヵ年延べ493地点で調査を実施した。ルートII (博多) から延べ15集団、ルートIII (鹿島) から延べ26集団のツルマメが見つかった。ルートII (博多) からはいずれの調査地/年からもツルマメは見つからなかった。見つかった26集団のうち、20集団は水田/畑、河川敷、草地といったダイズ生育可能と分類される土地利用区分にあった。しかし、他6集団は公園/緑地や裸地といったダイズの生育が困難と分類される利用区分の土地であった。
- (5) 結論：輸入したダイズが水揚げ港から加工施設まで移動する間にこぼれ落ちたとしても、栽培ダイズが定着するのは難しい。加えて、輸送経路沿いの土地にツルマメは少なく、交雑可能性は低い。またわが国の環境条件で栽培ダイズとツルマメの交雑が起こる可能性は極めて低いことが報告されており、今回の結果と併せると、FFP目的で輸入された組換えダイズからツルマメへの遺伝子浸透の可能性は極めて低いと結論される。

## アポプラスト型ポリアミンオキシダーゼの発現抑制による タバコの熱耐性の改善

Underexpression of apoplasitic polyamine oxidase improves  
thermotolerance in *Nicotiana tabacum*

Mellidou I, *et al.*

J Plant Physiology 218: 171-174, 2017

ギリシャの大学研究者グループによる原著論文。ポリアミンはウイルスから真核生物まであらゆる生物に存在し、種々の発達プロセスやストレス応答への関連することが知られる。筆者らはポリアミンの細胞内恒常性に関わるポリアミンオキシダーゼ (PAO) 遺伝子の過剰発現 / 発現抑制した形質転換タバコが熱ストレスに対して耐性が向上することを報告した。

- (1) 形質転換タバコの作出：トウモロコシ由来の PAO 遺伝子のセンス鎖及びアンチセンス鎖を過剰発現する形質転換体（それぞれ過剰発現体及びアンチセンス体）は先行研究で作出されたものを用いた（アグロバクテリウム法によって作出）。
- (2) 熱ストレス処理：通常栽培条件は昼温25℃（16時間）/夜温22℃（8時間）に対し、熱ストレス処理は昼温39℃/夜温30℃とした。
- (3) 光合成：7日間の熱ストレスにより、非形質転換体及び過剰発現体は総光合成量（mol CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/s）が有意に減少したのに対し、アンチセンス体では変化がなかった。
- (4) バイオマス生産：7日間の熱ストレスにより、非形質転換体及び過剰発現体はバイオマス生産量（乾燥重量）が有意に減少したが、アンチセンス体では有意差がなかった。
- (5) 酵素的抗酸化能：カタラーゼ活性は非形質転換体では熱ストレスにより約40%減少するのに対し、アンチセンス体では変化がなかった。また、ペルオキシダーゼ活性は非形質転換体では熱ストレスにより変化がないが、アンチセンス体では約50%増加した。
- (6) フラボノイド類：平常時の総フラボノイド類量は非組換え体と比べ、過剰発現体で減少、アンチセンス体で増加した。また、熱ストレス（37℃、3時間）処理により、非組換え体の総フラボノイド量は約2.8倍に増加するが、アンチセンス体ではそれよりも更に25%有意に高いレベルに上昇した。
- (7) 結論：PAO 発現抑制体では、酵素的及び非酵素的双方の抗酸化能が向上し、熱ストレスに対する耐性が向上することで、高温条件でのバイオマス生産性が向上することが示された。

# ERA プロジェクト調査報告

2018年 2月 印刷発行

特定非営利活動法人  
国際生命科学研究機構 (ILSI JAPAN)

会 長 木村修一

理事長 安川拓次

〒102-0083東京都千代田区麹町 3-5-19

にしかわビル 5F

TEL 03-5215-3535

FAX 03-5215-3537

[http:// www.ilsijapan.org](http://www.ilsijapan.org)