

---

# ERAプロジェクト調査報告

---

October 2014

バイオテクノロジー研究部会



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）とも密接な関係にあり、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

2014. 10

バイオテクノロジー研究部会

2014年の調査報告書第5号（通算第18号）になります。

本号では、まず遺伝子組換え樹木や果樹に関する報告を始め、樹木伐採における生物多様性維持や耐病性が付与された遺伝子組換えバナナ等について紹介しております。また、最近10年間における遺伝子組換え作物の安全性研究を総括した文献では、遺伝子組換え作物に由来する障害が新たに検出されていないことを報告しております。そして、乾燥耐性作物の開発に関してトウモロコシ、イネ及びダイズといった重要穀物についての報告をそれぞれ紹介しております。さらに、環境リスク評価における Protection Goal に関する報告は、Problem Formulation の適用への明確な文献であり、特に ERA 関係者にとっては有用な情報になるものと考えられます。

# 目次

No.171	遺伝子組換え植林木：環境リスク評価における重要考慮事項 Genetically engineered trees for plantation forests: key considerations for environmental risk assessment	1
No.172	世界的規模における老巨木の減少 Global decline in large old trees	2
No.173	選択的伐採の森林生物多様性保全への有効性 Biodiversity despite selective logging	3
No.174	遺伝子組換え果樹：現状と将来の課題 Genetic transformation of fruit trees: current status and future challenges	4
No.175	イネのキチナーゼ遺伝子を利用したバナナ斑葉病抵抗性遺伝子組換えバナナの開発 Expression of a rice chitinase gene in transgenic banana (‘Gros Michel’, AAA genome group) confers resistance to black leaf streak disease	5
No.176	最近10年の遺伝子組換え作物の安全性研究の総括 An overview of the last 10 years of genetically engineered crops safety research	6
No.177	トウモロコシにおける乾燥耐性の成果と進展 - 最新情報 Progress in achieving and delivering drought tolerance in maize - an update	7
No.178	<i>AtDREB1A</i> 転写因子のストレス誘導発現による遺伝子組換えインディカイネにおける 乾燥ストレス耐性の顕著な向上 Stress-inducible expression of <i>AtDREB1A</i> transcription factor greatly improves drought stress tolerance in transgenic <i>indica</i> rice	8
No.179	<i>rd29A: AtDREB1A</i> 導入により乾燥耐性を付与した遺伝子組換えダイズの温室及び 圃場における表現型 Phenotyping soybean plants transformed with <i>rd29A: AtDREB1A</i> for drought tolerance in the greenhouse and field	9
No.180	環境リスク評価における Protection Goal (保護目標)：実地的なアプローチ Protection goal in environmental risk assessment: a practical approach	10

## 遺伝子組換え植林木：環境リスク評価における重要考慮事項

### Genetically engineered trees for plantation forests: key considerations for environmental risk assessment

Häggman H *et al.*

Plant Biotechnol. J. 11(7) : 785-798, 2013

ILSI RF 傘下の CERA（環境リスク評価センター）は2012年に表題の専門家ワーキンググループ（10ヶ国：フィンランド・米・英・加・豪・中国・日本・スウェーデン・ブラジル・ニュージーランド、18名）を主催した。本報告は同ワーキンググループによりとりまとめられた標題に関する提言レビュー記事である。（1）植林地：森林総面積の5%（2000）～7%（2010）、工業用木材の37%を占める。GM植林木の環境リスク評価は、基本的には1年生作物の環境リスク評価に準拠しうるが、樹木特有の特性（大きな植物体、多年生、特殊成分など）を加味して実施されるべきである。（2）隔離圃場試験における環境リスク評価：考慮すべき事項は、要点は、生物学的特性（特に生殖能力、遺伝子伝播、花粉・種子の遠距離拡散）、および交雑可能な近縁種の存在や導入形質などが考えられる。認可件数は、米国500件（ポプラ、アカマツ、ユーカリ、フウ、クリなど）、中国78件（ポプラ、ニセアカシヤ、カラマツなど）、ブラジル65件（ユーカリ）、カナダ45件（ポプラ、エゾマツ）、EU44件（ポプラ、シラカンバ、ユーカリ、エゾマツ）、日本9件（ユーカリ、ポプラ）、ニュージーランド5件（アカマツ）などである。（3）市場化へむけての環境リスク評価：（2）とは明確な区別が重要。GM植林木の生育、他樹種との相互作用、近縁他樹種への遺伝子伝播、繁殖体の遠距離拡散、GM植林木の特性（生物学的特質導入特性、病虫害抵抗性、ストレス耐性、多年生）、非組換え対照植林木、既存情報（1年生+多年生）などである。特にリグニン含量の増減や木質密度増等の樹木ならではの導入特性による影響や炭水化物の増減、や適応度増などの影響も考慮されるべきである。ストレス耐性では、耐冷性（ユーカリ、ポプラ）、干ばつ耐性（マツ）、耐塩性（ポプラ、ユーカリ）などの情報も考慮される。現在までの市場化認可されたGM多年生植物はパパイヤ、プラム、バラ、アルファルファの4種である。（4）総括：過去20年700件以上の圃場試験による環境リスク評価において、環境への有害影響は報告されていない。このことは現行の環境リスク評価の枠組みの有効性・健全性を実証するものと判断される。豊富な1年生及び多年生植物の一般情報に樹木の特殊性を加味することにより、今後の環境リスク評価が着実に実施されることが期待される。

## 世界的規模における老巨木の減少

### Global decline in large old trees

Lindenmayer DB *et al.*  
Science338 (6112) : 1305-1306, 2012

オーストラリアの大学研究グループによる論説である。老巨木は地球上の最大の生物体であり、若木には無い特別な生態的役割を果たしている。その役割は、炭素の大量蓄積、豊富な土壌養分・植物で構成される特徴的環境の作出、局所的水源の保全、多くの動物への実・花・葉・蜜など豊富な食料の供給、多くの生物への棲家の提供、授粉・捕食などの有益動物の休息地、きのこなど枯死木に依存して生活している生物（以下、材上性生物）の多様性の維持などを含む。しかし地球上の多くの地域で老巨木の減少が報告されている。スウェーデン南部では、17世紀後半では19本/ha程度存在した巨木（直径45cm以上）の1本/haへの減少、米国カリフォルニア・ヨセミテ国立公園では、老巨木が1930年代から1990年代へかけて24%減少し、さらに、メタセコイヤは1997~2070年までに5.1本/haから0.6本/haへの減少が予測、カリフォルニア・コスタリカ・スペインでは、過放牧により90~180年以内に老巨木の消滅の予測、などである。原因は、意図的伐採、更地化、農耕地拡大、森林管理のための意図的火災、頻発する干ばつ・病虫害、農耕地からの過剰肥料、過放牧、侵入種、などである。しかしすべての生態系で減少しているわけではなく、自然保護区ではその存続又は発達の可能性が期待できる。そのためには場所と特色を特定し、老巨木を保護する戦略を策定する研究が必要である。自然森林の植林地や農地への転換は、老巨木の存続又は発達の可能性が望めないところだけに制限すべきである。適正な樹齢の樹木で構成された集団は、老巨木の永続的供給を支えるであろう。このことは、老巨木となりうる樹木の生育及び枯死率の意図的向上のための政策及び管理の必要性を示している。巨大樹への脅威とその対策を強化するための集中的研究が必要である。このような対策が行われなければ、貴重な巨大樹種及びこれに依存する多くの生物種の消滅がおりうるのである（注：本論説は、農業生態系に対する長期的警鐘となる側面を有すると考えられる）。

## 選択的伐採にかかわらず維持されている森林生物多様性

### Biodiversity despite selective logging

Edwards DP, Laurance WF  
Science339 (6120) : 646-647, 2013

オーストラリアの大学研究者による短報である。熱帯における伐採はほとんどの場合全面的ではなく選択的であり、最小サイズ以上の市場価値がある若干の樹種に限定されており、他の樹種は伐採されていない。地球上の全熱帯林16.6億 haのうち、3億 ha以上の熱帯林が材木用管理林であり、2000年から2005年の間には全熱帯林の20%以上が伐採により失われている。生物学者は、攪乱されやすい野生生物に対する選択伐採の悪影響をしばしば強調している。しかし、最近の確証は選択伐採が驚くべき高い保全価値を有することを示唆している。4箇所の熱帯地域にわたる全体的解析では、選択的伐採をうけた森林は、農業あるいはアグロフォレストリーシステム（森林農業：樹木を植栽し、樹間で家畜・農作物を飼育・栽培する農林業（ウィキペディア参照））に比べて、はるかに生物学的に原始林に類似していた。ボルネオの自然界の生物多様性は、強度の反覆伐採の後でも、初回の伐採後の状況に匹敵している。伐採された森林は多量の炭素を貯蔵し、原生林の主要水系機能を保持している。その結果、伐採森林は原生林の代替ではないが、地形あるいは地域規模の保全機能を向上し、保護区周辺の緩衝域として作用し、森林の野生生物との相互関係を維持するなどの、大きな潜在力を有していると言える。残念ながらいくつかの国では、伐採森林は更地化あるいは焼却される可能性が原生林よりは高い。このため、多くの地域で今後増加しそうな伐採の拡大の支援はなされない。むしろ、伐採森林は広大ではあるが、外圧をうけ易く、大きな保全潜在能力を考慮すれば、注目すべき重要性を有する。伐採森林を維持し、より良く管理するための努力が遂行されるべきである。

## 遺伝子組換え果樹：現状と将来の課題

### Genetic transformation of fruit trees: current status and future challenges

Gambino G, Gribaudo I  
Transgenic Res. 21 : 1163-1181, 2012

イタリアの国研研究グループが近年20年間の研究成果を主体に表題のレビューを行い、以下の領域にまとめた。(1) 抗生物質マーカーフリー選抜システム：EU では指令2001/18/ECにより、抗生物質耐性による選抜マーカーの使用が規制されている。この対策として、MAT (Multi-Auto-Transformation) ベクターの利用 (日本の日本製紙が開発した技術；カンキツ、アプリコット、ブドウ)、及び、炭素源 (マンノース) 依存のマーカーの利用 (リンゴ、カンキツ、パパイヤ、アーモンド) 等の抗生物質マーカーフリー組換え体作出が報告されている。(2) 組織特異的プロモーター：組織特異的プロモーターを用いて導入遺伝子の発現を維管束 (イチゴ、アーモンド、ブドウ)、果実 (トマト、レモン) 等、導入遺伝子が特定の組織・器官に限定した発現をする形質転換体が報告されている。(3) 病害抵抗性：1) ウィルス病抵抗性：外被タンパク質導入 (パパイヤ、カンキツ) 及び cisgenic 手法 (ブドウ、プラム、アプリコット)；2) 糸状菌病抵抗性 (レモン、リンゴ)；3) 細菌病抵抗性 (リンゴ、カンキツ) 等が報告されている。(4) ストレス耐性：1) 耐乾性 (リンゴ、カンキツ、ブドウ)；2) 耐塩性 (リンゴ台木、ブドウ台木、ナシ)；3) 耐寒性 (ブドウ、オリーブ) 等が報告されている。(5) 果実品質の向上：1) ソルビトール減少 (リンゴ、イチゴ)、2) エチレン発生抑制 (リンゴ、ナシ、キウイ)、3) 果実の貯蔵性の長期化 (パパイヤ、イチゴ)、4) 果色向上 (イチゴ、プラム、キウイ) 等が報告されている。(6) 生育調節：1) 矮性台木 (リンゴ)、2) ジベレリン酸低感受性 (リンゴ)、3) 早生化 (早期開花) (リンゴ、オレンジ、ブドウ) 等が報告されている。(7) 将来技術：ゲノム解析、機能ゲノム学などの利用が期待される。(8) 総括：果樹育種の困難性 (多年生、生殖生理、遺伝的ヘテロ性など) から従来は病害抵抗性の育種のみが行われていたが、研究・技術の発展により、今後は多種・有用な形質転換果樹の作出が期待される。(注：本文には導入遺伝子、作用機作などの記述もあり、引用文献 (125編) とともに参考になるとと思われる。現在までの市場化認可果樹は、パパイヤ及びプラム (ともにウィルス病抵抗性) である [ISAAA2012])。



No.175

## イネのキチナーゼ遺伝子を利用したバナナ斑葉病抵抗性 遺伝子組換えバナナの開発

Expression of a rice chitinase gene in transgenic banana (‘Gros Michel’, AAA genome group) confers resistance to black leaf streak disease

Kovács G *et al.*  
Transgenic Res.22 : 117-130, 2013

ベルギー、ハンガリー、ウガンダ、ルワンダの研究グループによる原著論文である。バナナは世界4番目の主要食用作物であり、全生産量の20%は換金作物として輸出されるが、残りの80%は生産地域での主食となっている。特にウガンダはアフリカの最大生産・摂取国(0.6kg/人/日)である。一方、バナナは糸状菌病であるバナナ斑葉病(Black Leaf Streak Disease)の被害が大きい時には50%以上の減収となるが、薬剤防除や慣行育種の実効性は低かった。このため著者らはバイオテク手法によるバナナ斑葉病抵抗性バナナの作出を試み、以下の結果を得た。(1)形質転換バナナの作出:生食用品種「Gros Michel」にアグロバクテリウム法により2種類のイネキチナーゼ遺伝子(*rcc2*あるいは*rcg3*)及びマーカー遺伝子(*hpt*)を導入し、ハイグロマイシン培地上で*rcc2*導入3系統、*rcg3*導入21系統、計24系統を選抜した。さらにサザンハイブリダイゼーションの結果から、最終的に*rcc2*導入2系統、*rcg3*導入15系統、計17系統を選抜した。(2)生物検定による抵抗性評価:温室生育9ヶ月個体の最若葉片(5cm×5cm)に病原菌懸濁液を散布し、108日後における病斑葉面積から抵抗性を評価した。供試17系統中の9系統は面積比率が最大16%以下(特に2系統は3.6及び5.6%)であり、これらはすべて*rcg3*導入系統であった。残り8系統は非組換え対照系統と有意差はなかった。(3)一般特性:上記17系統は、生育及び形態的特性において非組換え対照系統と差異がなかった。(4)総括:以上から、1)イネのキチナーゼ遺伝子の導入によりバナナのバナナ斑葉病に対する抵抗性を向上することができる、2)生物検定はバナナ斑葉病抵抗性の早期評価に有効利用できると結論されている。

## 最近10年における遺伝子組換え作物の安全性研究の総括

### An overview of the last 10 years of genetically engineered crops safety research

Nicolia A, *et al.*

Critical Reviews in Biotechnology 34 (1) : 77-88, 2013

イタリアの大学および農林政策省の研究グループによるレビュー論文である。著者らは2002-2012年の信頼できる遺伝子組換え作物の安全性に関する科学論文・資料1783編をレビューし、その結果を3領域—GM全般（構成比9.3%）、環境（構成比47.5%）、食品・飼料（構成比43.2%）—に区分して分析した。（1）GM全般領域：規制枠組み・リスク評価は、EU（予防原則・プロセスベース）、米国（プロダクトベース）、およびその2者の中庸的なものであり、統一的ではない。調和の欠如並びに科学・学術的根拠を欠くメディアの非科学的論説の横行が、消費者のGM作物への疑念を助長している。EUは2001-2010年のEUが助成する50の研究プログラムを精査し、バイテク技術・GM作物自体に由来する、慣行技術およびその産物を越えるリスクは存在しないと総括した。（2）環境領域：1）生物多様性：対象分野は多岐にわたるが、近年の総括文献により、負の影響は無い、あるいは極めて小さいとされている。2）組換え遺伝子の伝播：i）近縁野生種へのジーンフロー：自然界の既存の現象であり、GM作物に限った問題ではない。人為的制御（雄性不稔など）は完全ではない。現在までに近縁野生種への明確な負の影響は報告されていない。ii）GM作物と従来作物の共存：社会・経済的要素も関与すること、加えて欧州でのGM品種の栽培が少ないため省略。iii）土壌：外来DNAの土壌バクテリアへの移行は、実験室では発生が示されているが、圃場での発生は確認されていない（含抗生物質耐性遺伝子）。（3）食品・飼料（人畜関連）領域：1）実質的同等性：多数の市場化GM品種について適用され、その実効性が広く確認されている。2）非標的的手法による評価：オミクス的手法（プロテオミクスなど）は、環境及び食品・飼料安全性との関係が不明確なため、実効性が不明である。よって、1）の実質的同等性の実効性が持続すると思われる。3）GM食品・飼料の摂取：導入DNA・転写RNAの安全性：体内の既存DNA、RNAと本質的に同質であり、新たなリスクを生じるとは考えられない。4）生成タンパク質及び構成成分：改変された成分において新たなリスクの発生は今のところ報告されていない。（4）総括：これまでに実施された科学研究において、GM作物自体に由来する新たな重大な障害は検出されていないと結論される。バイテクにおける欧州の後進性は、社会心理的・政治的な偏見及び非科学的論理に起因しており是正されるべきである。関係分野への効率的な科学的情報提供が極めて重要である。

## トウモロコシにおける乾燥耐性の成果と進展 - 最新情報

### Progress in achieving and delivering drought tolerance in maize - an update

Global status of commercialized Biotech/GM crops : 2012,  
Pp315,239-272  
ISAAA Brief 44 別冊 2013

著者はメキシコにある国際農業研究協議グループ (CGIAR) 傘下の国際トウモロコシ・コムギ改良センターの乾燥耐性トウモロコシ計画の元リーダーであり、ISAAA の要請により表題の特別寄稿を行った、本稿では遺伝的改良及びバイオテク関連事項を主体とした記述がなされた。(1) トウモロコシの乾燥障害：まず葉色の退化・葉の歪曲や巻き上がりがおこり、ついで気孔の閉鎖、光合成低下、成長減退がおこる。乾燥障害が開花期の7~10日前に発生すると、雌穂の生育が遅れ、頂部の雄穂の花粉飛散に対する絹糸抽出が遅れ、減収の原因となる。同時に葉の老化が下部から上部へ進行する。開花期の着生種子及びその後の稔実種子の多少が乾燥害の大半を決定する。活発な緑色葉の維持により稔実低下が緩和される。(2) 乾燥耐性特性：最重要特性は乾燥条件下の収量(粒重)であり、ついで2次的な収量構成要素が重要である。これら重要な順に、粒数(裸粒率、一穂当たりの粒数)、短い開葯・絹糸抽出間隔、直立葉の増加、低い葉温、緑色葉増加、一粒重などである。これらの特性を組み合わせたものが育種家の選抜指標となる。(3) 乾燥耐性育種：1) 慣行育種：米国で1950年代から2001年までに乾燥耐性が向上した18品種が育成され、これらは、すべて開花期の着粒数の確保が主要特性であった。また深根性も示唆された。2) バイテク育種：2008年までの成果は明瞭ではなかった。しかし近年モンサント社により傑出した乾燥耐性イベント MON87460が育成された。MON87460の導入遺伝子 *cpsB* はシャペロンとして機能するタンパク質をコードし、乾燥条件下で一株当たりの稔実粒数を増加させ、2000件のテストで平均7%増収を示した。2013年の市場化が予定されている。(4) アフリカ計画(10年間)：ビル & メリンダ ゲイツ財団のファンドによる Drought Tolerant Maize for Africa (DTMA) 及び Water Efficient Maize for Africa (WEMA) の二大プロジェクトが進行中である。DTMA プロジェクトはサブ・サハラを対象に、2007年に始動し、国際農業研究協議グループ (CGIAR) 傘下の CIMMYT (国際トウモロコシ・コムギ改良センター) と IITA (国際熱帯農業研究所)、およびサブ・サハラ13ヶ国によって実施され、サブ・サハラ地域の環境に適したトウモロコシの慣行育種およびマーカー利用循環選抜+組換え体で構成されている。WEMA プロジェクトは2009年に始動し、CIMMYT、モンサント社、および東南アフリカ5カ国によって実施され、慣行育種および遺伝子組換えによるトウモロコシの育種が進められている。(5) 総括：乾燥耐性トウモロコシは今後さらに重要となる。新たな遺伝資源、バイオテクを含む新たな手法、表現型試験の充実、官民協力などにより、着実な進展がなされることが期待される。

## ***AtDREB1A* 転写因子のストレス誘導発現による遺伝子組換えインディカイネにおける乾燥ストレス耐性の顕著な向上**

Stress-inducible expression of *AtDREB1A* transcription factor greatly improves drought stress tolerance in transgenic indica rice

Ravikumar G *et al.*

Transgenic Res DOI 10.1007/c 11248-013-9776-6

インドの国研研究者グループによる原著論文である。アジア稲作地域中、干ばつが起りやすいとされる地域の59%はインド国内であり、それらの地域のほとんどは灌漑設備のない天水農業地域である。イネの乾燥耐性は複雑であり、慣行育種による対策には限界があった。一方、シロイヌナズナ由来の *DREB* 転写因子の導入による乾燥耐性の強化が多くの作物で報告されており、イネでも *AtDREB1A* の導入例があるが、試験段階に止まっている。そこで、著者らは、乾燥条件下で発現誘導する *AtDREB1A* をアグロバクテリウム法によりインドの多収・良質インディカイネ品種 Samba Mahsuri に導入し、組換え体の乾燥耐性を複数の段階で試験した。(1) 初期選択：生育4週間の T3 系統をポリエチレングリコール20%水溶液による乾燥ストレス処理下で、萎凋葉がなく健全であり、高い乾燥耐性を示した1系統 DB-33-24を選抜した。(2) 栄養生長期における乾燥耐性：温室ポット生育10葉期の DR-33-24後代の5系統に対し、数日間の無灌水処理を行った。1) 形態的形質：対照系統では4日目から葉が萎凋し、14日目には完全に枯死したのに対し、乾燥耐性5系統ではまったく葉が萎凋せず健全であった。2) 生理的形質：葉緑素含量、葉の相対含水率(体膨張最大含水率比率)、葉面乾燥害によるイオンの水中への放出、浸透圧調節に参与するプロリン含量、などの乾燥耐性指標形質において乾燥耐性系統は、いずれの指標も対照系統よりも優れた数値を示し、高い乾燥耐性を示した。(3) 生殖生長期(開花期)における乾燥耐性：14日間の無灌水処理を行った。対照系統は5日目から葉が萎凋したのに対して乾燥耐性系統は14日目でも萎凋せず、また小穂・花粉の形態・機能にも異常がなかった。小穂稔実歩合及び収量(1株粒重)においても、乾燥耐性系統は対照系統の約2倍の値を示した。(4) 既存品種との比較：慣行育種乾燥耐性品種と上述の乾燥耐性系統に対し、栄養生長期4週間、生殖生長期(開花期)2週間の無灌水処理を行った。前者は葉が萎凋あるいは枯死したのに対し、乾燥耐性系統は健全に生育した。(5) 総括：*AtDREB1A* を導入した組換えインディカイネは、各種の生理的特性を変化せずに栄養・生殖生長期に高い乾燥耐性を保持した。開発された新乾燥耐性系統は、今後の研究・実用に貢献することが期待される。

No.179

## ***rd29A: AtDREB1A* 導入により乾燥耐性を付与した遺伝子組換えダイズの温室及び圃場における表現型**

Phenotyping soybean plants transformed with *rd29A: AtDREB1A* for drought tolerance in the greenhouse and field

de Paiva Rolla AA et al.  
Transgenic Res 23 : 75-87, 2014

ブラジル・日本・米国の大学・国研研究者のグループによる原著論文である。米国に次ぐ世界第2位のダイズ生産国であるブラジルは、干ばつにより2010/11年は20%、2011/12年は13%の減収となった。ダイズの乾燥耐性は複数の遺伝子による複雑な形質であり、慣行育種では効果が乏しかった。そこで著者らは他作物で効果が認められている乾燥耐性因子 *AtDREB1A* 遺伝子を *rd29A* プロモーターの転写制御のもとにパーティクルボンバードメント法により乾燥感受性品種 BR16に導入し、次の結果を得た。(1) 組換え体の作出：乾燥処理による発現の確認（ノーザン法）に基づき、P58及びP1142の2系統が選抜され、さらにP58とBR16との戻し交雑集団から、09D-0077系統を選抜した。(2) 温室栽培試験：ポット生育30日の組換え系統（P58及びP1142）、非組換え系統（BR16）に、土壌含水量を39%以下（栄養生長期）あるいは20%以下（生殖生長期）に制限した乾燥ストレスを与えた。組換え系統は非組換え対照系統と比較して、葉数、葉面積、相対生長率は増加し、節数には差がなく、草丈はやや短縮した。ただし、いずれも統計的に有意な差ではなかった。(3) ファイトトロン（人工気象機）栽培試験：気温・湿度を管理した条件下では、葉の熱発散量には差がなかったが、乾物生産効率を示す熱発散効率は組換え系統が非組換え対照系統より高かった。(4) 圃場栽培試験：組換え系統（P58及び09D-0077）及び非組換え（BR16）に対し、灌水、自然天水、無灌水・無天水（栄養生長期・生殖生長期）の3種類の灌水条件によって栽培した。P58は温室と同様に萎凋の発達が遅かった。栄養生長形質（草丈、葉面積指数、1株新鮮重、1株乾物重）は、いずれの条件でも組換え系統と非組換え対照系統の間に差異はなかった。しかし、節数および収量構成要素（つまり生殖成長形質；種子数、莢数等）は、生殖生長期に灌水制限を与えた場合にのみ、組換え系統が非組換え対照系統よりも高い値となる傾向が示され、このうちP58系統の節数と他の2系統の節数の違いは統計的に有意であった。(5) 総括：本研究では、*rd29A: AtDREB1A* 転写因子の導入による乾燥耐性ダイズ系統の作出が確認された。これら遺伝子組換え系統は、複数の生長形質及び収量構成要素において、非組換え対照系統よりも高い値を示す傾向が確認された。

No.180

## 環境リスク評価における Protection Goal (保護目標) : 実際的なアプローチ

Protection goal in environmental risk assessment: a practical approach

Garcia-Alonso M, Raybould A

Transgenic Res. : DOI 10.1007/s 11248-013-9760-1, 2013

第12回 GMO バイオセーフティ国際シンポジウム (米国セントルイス、2012年9月)・第3本会議 (環境損害の明確化) での発表者が連名 (ともに英国) で表題の論文を公表した。GM 作物の環境リスク評価における政策的な意味での保護目標 (political protection goal) は、“持続的な農業生産” や “生物多様性保全” などの規範的な概念で定義されるため、ERA や Problem Formulation の枠組みへの直接的適用を困難にしている。そこで筆者らは、より具体的な実行上の保護目標 (operational protection goal) を設定し、これを Problem Formulation に当てはめていくことで、評価項目やリスク仮説を具体化し、最終的に科学的に実証しうる調査項目の設定が可能になると論じている。実行上の保護目標は、「農地において存続性の増大による農業生産の低下がないか」、「周辺植生への侵入性の増大による生物多様性の低下がないか」、「非標的昆虫に作用し、農業生産や生物多様性に悪影響がないか」等となる。これらの実行上の保護目標に対して、さらに GM 作物が直接作用する場合および遺伝子伝播を介して近縁野生種が作用する場合に細分化し、これを出発点とした Problem Formulation の例をマトリックスとして示している。その結果として、存続性・侵入性の増大に由来するリスクからの保護目標に関しては、種子の発芽能や生長特性、花成や成熟時期、植物体の大きさ、花粉稔性等を具体的な調査項目として、GM 作物と対照作物を比較することで科学的データに基づくリスクの検証が可能であると結論している。また、非標的昆虫への作用に由来するリスクからの保護目標に関しても、捕食率に関するフィールド調査や実験室における暴露実験、危害タンパク質に暴露される可能性の有無や暴露量といった具体的な調査によって科学的なリスクの検証が可能としている。(註: Problem Formulation の適用への明確な文献であり、ERA 関係者の意見交換の教本としても使用可能と思われる)。

# ERA プロジェクト調査報告

2014年10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)

理事長 西山徹

〒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)