
ERAプロジェクト調査報告

December 2018

バイオテクノロジー研究会



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. 12

バイオテクノロジー研究会

2018年の調査報告書第6号（通算第41号）をお届けします。

本号では、遺伝子組換え技術を用いた最近の研究事例の中から、組換えダイズにおける導入遺伝子のサイレンシングに関する論文（No.400）、組換えアルファルファを用いた生育に関する遺伝子の機能解明に関する論文（No.404）をご紹介します。

また、農業生産へ貢献を目指したものとして、耐病性組換えユーカリに関する論文（No.403）、除草剤グリホサート耐性テンサイの米国への導入が農業に与えるインパクトに関する総説（No.408）、及び中国における土地利用状況や組換え Bt ワタの利用を含めた害虫管理方法がワタ害虫による被害状況に及ぼす影響をまとめた論文（No.409）、栄養素を改良する取り組みとして、アブラナ科植物種子における有害物質グルコシノレートの減少を視野に入れた組換えシロイヌナズナの論文（No.405）、植物を用いた物質生産への取り組みとして、組換えバレイショを用いたバイオポリマーの原料生産に関する論文（No.402）及び組換えタバコを用いたインフルエンザ抗原生産の可能性に関する論文（No.406）をご紹介します。

また、遺伝子組換え技術を含めた育種の基礎となる遺伝資源の適正な保護・利用のためにドイツの非営利農業団体によって行われているオープンソースなシードバンクの試み（No.401）についてもご紹介しております。

その他、近年研究が進むゲノム編集に関しては、研究開発例や規制に関する周辺情報を踏まえた EU 圏におけるゲノム編集動物に関する論述（No.407）についても紹介いたします。本論文は、動物を対象としたものであるものの、前号（通算第40号）で紹介した家畜におけるゲノム編集に関するレビュー（No.396）と同様に作物分野と共通事項が多い論文のため、興味を持って御一読いただける内容かと存じます。

なお、これまでに調査報告書において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/namazu.cgi>

目次

No.400	ダイズ生活環における RNA サイレンシング：複数の制限系と植物体構造による時間空間的多様性 RNA silencing in the life cycle of soybean: multiple restriction systems and spatiotemporal variation associated with plant architecture	1
No.401	育種家によるオープンソースなシードバンクの試行 Plant breeders test-drive first open-source seed bank	2
No.402	シアノフィシン産生組換えバレイショの温室及びほ場試験における比較統計成分分析 Comparative statistical component analysis of transgenic, cyanophycin-producing potatoes in greenhouse and field trial	3
No.403	誘発性遺伝子 <i>aiiA</i> による交雑ユーカリ (<i>Eucalyptus urophylla</i> × <i>Eucalyptus grandis</i>) の耐病性強化 Effects of an inducible <i>aiiA</i> gene on disease resistance in <i>Eucalyptus urophylla</i> × <i>Eucalyptus grandis</i> .	4
No.404	アルファルファにおける MsmiR156の網羅的遺伝子発現における役割と根の再生力及び窒素固定能力の向上 MsmiR156 affects global gene expression and promotes root regenerative capacity and nitrogen fixation activity in alfalfa	5
No.405	トランスポーター遺伝子変異による油糧アブラナ科種子の栄養阻害因子グルコシノレートの減少 Reduction of antinutritional glucosinolates in <i>Brassica</i> oilseeds by mutation of genes encoding transporters	6
No.406	タバコ種子における H5N1型鳥インフルエンザ赤血球凝集素抗原の高濃度蓄積 High accumulation in tobacco seeds of hemagglutinin antigen from avian (H5N1) influenza	7
No.407	ゲノム編集動物：GM 作物からの教訓？ Genome edited animals: Learning from GM crops?	8
No.408	グリホサート耐性テンサイのインパクト Impact of glyphosate-resistant sugar beet	9
No.409	長期にわたる県レベルでの分析による中国におけるワタ害虫に対する土地利用、 <i>Bt</i> ワタ、天候の影響分析 Multidecadal, county-level analysis of the effects of land use, <i>Bt</i> cotton, and weather on cotton pests in China	10

ダイズ生活環における RNA サイレンシング：複数の制限系と 植物体構造による時間空間的多様性

RNA silencing in the life cycle of soybean: multiple restriction systems and spatiotemporal variation associated with plant architecture

Mori A *et al.*

Transgenic Research 26: 349-362, 2017

日本の大学研究者による原著論文である。組換え作物で偶発する導入遺伝子に対する RNA サイレンシングの包括的研究は少ない。著者らはサイレンシングの発生、拡大、伝達について詳細に研究し、以下の結果を得た。

- (1) RNA サイレンシング作物の作出：ダイズ品種「カリユタカ」に緑色蛍光タンパク質 (GFP) 遺伝子を導入した際に得られた遺伝子導入がなされているにもかかわらず GFP の発現が見られない個体を T₁~T₅ (自殖) 世代にわたり調査した。
- (2) 栄養組織における GFP のサイレンシング：サイレンシングは初生葉から始まり、第1葉→葉脈→第2・第3葉→茎→上部全葉に達した。このサイレンシングの拡大は維管束を通じた不溶性化信号の伝達によるものであった。
- (3) サイレンシングが起こらない器官：1) 胚：サイレンシングは種皮の外層まで達するが内層には達しない。このため種皮内の胚ではサイレンシングは観察されない。2) 葉柄：葉柄下部の葉枕もサイレンシングが観察されない。これは葉柄の特異的組織にサイレンシング信号の伝達がおこらないことによるものであった。以上から、サイレンシングは初生葉に始まり、個体の生長に伴って細胞自律的・組織的に拡大し、胚の外層で終了して1サイクルを完了し、この現象が各個体の生活環で反復されることがわかった。

総括：導入遺伝子の RNA サイレンシングの発現、拡大、伝達の過程を調査した。サイレンシングは植物共通特性に加えて、調査植物 (ダイズ) の特性的基本構造に起因することがわかった。

(訳者注：本研究は、導入遺伝子の安定的発現・安定的サイレンシングに基づく組換え作物の作出に対する情報提供として有用と考えられる。)

(林 健一)

育種家によるオープンソースなシードバンクの試行

Plant breeders test-drive first open-source seed bank

Laursen L

Nature Biotechnology 35: 700, 2017

ネイチャー・バイオテクノロジー誌特派員による短報である。ドイツ・マールブルグを本拠とする育種家、農業科学者、法律家、活動家らによる非営利団体農業生態協会（AGRECOL）は、オープンソースライセンスな種子銀行（シードバンク）の取り組みを発足させた。この制度では、

農業科学者は少額の運営費を支払った後、本制度が有する全ての種苗の自由使用权を獲得する。この使用から後日新品種が開発された場合には、新品種の特許獲得は許されず、本制度のもとに新品種もまた開放されることとなる。本制度は新品種に関する育種家と AGRECOL との間の民間契約であり、ドイツ法律のもとに EU 全域に適用可能とされている。本制度の提案者は、少数大企業による特許独占の現状を批判し、本制度が長年の課題である育種作物の生物多様化を促進する最良の方途であるとしている。トマト新品種を開発したドイツ育種家の例では、新品種を本制度に供託することにより特許権の権利を失うが、本制度の全種苗の自由使用权が与えられる。本制度で配布される種苗には認可のラベルが添付される。当面、ドイツの中小種苗会社が本制度の主な利用者である。現行の品種特許制度では、特性の特許は10～15年維持され、その間の他者の当該特許使用希望に対しては特許料が請求されるのが一般である。本制度の研究・技術改新に対する促進効果に関して、米国・英国関係者の反応は概ね好意的であるが、国家法の強制ライセンスへの拡大を危惧する意見もある。

（林 健一）

シアノフィシン産生組換えバレイシヨの温室及びほ場試験における比較統計成分分析

Comparative statistical component analysis of transgenic, cyanophycin-producing potatoes in greenhouse and field trials

Schmict K *et al.*

Transgenic Research 26: 529-539, 2017

ドイツ大学研究者による原著論文である。シアノフィシンは、細菌性ペプチドの一種で窒素の貯蔵物質として知られる。著者らはシアノフィシン合成遺伝子を導入したバレイシヨにおけるシアノフィシン含量及び収量性、シアノフィシン生産への環境影響を主体に調査し、以下の結果を得た。

- (1) シアノフィシン産生組換えジャガイモの作出：古細菌 *Thermococcus elongates* 由来のシアノフィシン合成遺伝子 (*cphA*) を導入したジャガイモ 2 系統 (イベント12及びイベント23) が作出された。
- (2) シアノフィシン含量：塊茎におけるシアノフィシンの平均濃度は、イベント12が40.98 $\mu\text{g}/\text{mg}$ 乾物重、イベント23が23.90 $\mu\text{g}/\text{mg}$ 乾物重、対照が1.48 $\mu\text{g}/\text{mg}$ 乾物重であり、組換えジャガイモが有意に高い含量を示した。
- (3) 窒素施用量によるシアノフィシン含量への影響：温室・圃場を通じて高窒素施用区は13.22 $\mu\text{g}/\text{mg}$ 乾物重、低窒素施用区は17.33 $\mu\text{g}/\text{mg}$ 乾物重であり、低窒素施用区で有意に高含量であった。
- (4) 器官別シアノフィシン含量：ソース器官である葉のシアノフィシン含量はシンク器官である塊茎より4～5倍高かった。葉におけるシアノフィシン含量は、ほ場栽培よりも温室栽培した場合の方が高かったが、根での含量は両者で大差がなかった。
- (5) 収量形質：デンプン含量及び塊茎の数、大きさ、重量に組換え体及び非組換え体の間に有意な違いがなかった。
- (6) 窒素含量：イベント12は4.0%、イベント23は3.8%で、いずれも対照の3.4%より高かった。
- (7) アミノ酸：シアノフィシンの構成要素であるアスパラギンは有意に増加したが、アルギニンは増減が変動した。
- (8) 総括：シアノフィシン産生組換えジャガイモは他の主要農業形質・コストの変動なく、シアノフィシン及びそれに含まれる窒素を有意に高蓄積することが示された。

(林 健一)

No.403

誘発性遺伝子 *aiiA* による交雑ユーカリ (*Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus grandis*) の耐病性強化

Effects of an inducible *aiiA* gene on disease resistance in *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus grandis*.

Ouyang LJ & Li LM

Transgenic Research 25: 441-452, 2016

中国の大学研究者による原著論文である。ユーカリは熱帯・亜熱帯で最も広く植栽されている林木である。中国では300万 ha以上に植栽され、パルプ、材木、ベニア板、薪炭、油料など用途は広いが、各種の細菌病による被害が大きい。細菌の代謝産物である *N*-アシル-ホモセリンラクトン (AHLs) の蓄積によって病害が発生するので、植物体内の AHLs を減少させることが耐病性増強の鍵とされている。著者らは AHLs 不活性化遺伝子の導入による細菌病抵抗性組換え交雑ユーカリの作出を試み、以下の結果を得た。

- (1) 組換えユーカリの作出：*Bt* 菌 (*Bacillus thuringiensis*) 由来の AHLs 分解酵素遺伝子 *aiiA* を病原菌誘発型プロモーター (PPP3) 又は構成的発現プロモーター (35S) で発現する発現カセットをアグロバクテリウム法で上記合成各種のゲノムに導入し、正常な表現型の T0 個体群を得た。
- (2) 組換えユーカリにおける *aiiA* の発現：PPP3 系統は細菌液に12時間浸漬処理後に *aiiA* を発現した。一方、35S 系統では接種処理の有無に関係なく *aiiA* を発現した。3種類の細菌液による転写効率 (transcription efficiency) の増加率は、PPP3 系統では43.88、30.65、18.75倍であったが、35S 系統では全く増加しなかった。以上から PPP3 系統の *aiiA* 発現は、病原菌接種に起因することが確認された。
- (3) 細菌病抵抗性検定：細菌液接種後の発病指数 (%) で判定した。PPP3 系統では接種 5～15 日後の指数は、対照が20～100%に対して 0～50%であった。35S 系統では 6～16 日後に 0～67.1%であった。初期発病抑制期間は PPP3 系統で 4 日間、35S 系統で 3 日間であった。
- (4) 総括：AHLs を分解する *aiiA* 遺伝子の導入により、中程度の抵抗性組換えユーカリ合成品種が作出された。細菌病抵抗性は、構成的発現系統よりも病原菌誘導発現系統において高かった。

(林 健一)

アルファルファにおける MsmiR156の網羅的遺伝子発現における 役割と根の再生力及び窒素固定能力の向上

MsmiR156 affects global gene expression and promotes root
regenerative capacity and nitrogen fixation activity in alfalfa

Aung B *et al.*

Transgenic Research 26: 541-557, 2017

カナダの国研・大学研究者による原著論文である。マメ科植物のリゾビウム稗菌との共生による植物体地上部への影響は多数研究されている。MicroRNA156 (miR156) は植物の生育に関与する遺伝子群を制御するといわれている。著者らは miR156を導入したアルファルファの既往研究において、組換え体の栄養生長量増加、開花遅延、品質向上などの成熟期地上部特性を示した。今回の研究では生育初期地下部（根）を対象に以下の結果を得た。

- (1) 組換え個体群の作出：miR156を導入したアルファルファ (T0世代) 6個体群を作出した。
- (2) 根の生長・発育 (切り戻し5回目の茎からの発生)：有意増加個体群 / 供試全個体群は、発根茎数が5/6、初生根数が3/6、根重量0/6 (2群は増加)。
- (3) 窒素固定能 (無肥料、稗菌液3週間接種後の反応)：1) 根瘤形成：有意な増加は4/6、対照は窒素欠乏症 (黄葉) を示したが、組換え個体群は健全な緑葉を維持し、無肥料下での高い生存力を示した。2) ニトロゲナーゼ (窒素固定酵素) 活性：4/6で有意に増加した。3) 寄生菌の窒素固定関連遺伝子の活性増加：FixK は5/6、NifA は4/6、RpoH は5/6と明瞭な増加を示した。
- (4) 網羅的転写物解析：細胞壁構築、ペプチド生合成、水ストレス対応などを含む132種類の機能的部門に属する類別的遺伝子群を特定した。さらにこの網羅的解析において、miR156は、根瘤形成、根の生育、植物ホルモン生合成に関与する遺伝子に影響することがあった。
- (5) 総括：miR156を導入された組換えアルファルファは、初期生育の根の発育、根瘤形成、窒素固定能力などにおける有意な増加を示した。本結果はバイオ育種における miR156の役割を示すものと考えられる。

(林 健一)

トランスポーター遺伝子変異による油糧アブラナ科種子の 栄養阻害因子グルコシノレートの減少

Reduction of antinutritional glucosinolates in *Brassica* oilseeds
by mutation of genes encoding transporters

Nour-Eldin HH *et al.*

Nature Biotechnology 35: 377-382, 2017

デンマークの大学・バイエル社の共同研究による原著論文である。アブラナ科種子の飼料的栄養価は栄養阻害因子グルコシノレート（植物にとっては防御毒性物質）の存在により低下している。アブラナ科では最小ゲノムの基本種であるアブラナ (*Brassica rapa*) 及び高温・乾燥耐性は高いがグルコシノレート含量も高いカラシナ (*B. juncea*) の2種について、グルコシノレートの低い系統の作出が望まれている。著者らは突然変異の利用による低グルコシノレート系統の作出を試み、以下の結果を得た。

- (1) 種子のグルコシノレート蓄積に関わる遺伝子：アブラナ科のモデル植物であるシロイヌナズナの実験から、グルコシノレート輸送タンパク質をコードする GTR1 及び GTR2 の機能欠失変異体は種子にグルコシノレートを蓄積しなくなることがわかった。
- (2) アブラナ：アブラナの突然変異体集団から TILLING (targeting induced local lesions in genomes) 法によって、GTRs 変異体 7 系統を選出し、その第 5 代後の種子のグルコシノレート濃度を測定した。グルコシノレート濃度は $67 \pm 5\%$ の低下を示し種子脂質成分及び種子・その他組織の生体重には変化がなかった。
- (3) カラシナ：(2) と同様にカラシナの突然変異体集団から GTRs 変異体 12 系統を選抜し、後代を調査した。種子のグルコシノレート含量は 60~70% 低下を示し、生育活性、開花期、油含量において対照と有意差はなかった。
- (4) 総括：TILLING 法によって選抜されたアブラナ及びカラシナの GTRs 変異体において、種子グルコシノレート含量が 60~70% 低下した。本研究は突然変異系統の利用の好例として、他の油糧アブラナ科作物への利用が期待される。

(林 健一)

タバコ種子における H5N1 型鳥インフルエンザ赤血球凝集素抗原の 高濃度蓄積

High accumulation in tobacco seeds of hemagglutinin antigen
from avian (H5N1) influenza

Ceballo Y *et al.*

Transgenic Research 26: 775-789, 2017

キューバの国研・ベルギーの大学の共同研究による原著論文である。インフルエンザ H5N1 は赤血球凝集素抗原 (HA) を有し、人畜に大被害を与えているが、ワクチン薬の接種が慣行の対抗策であった。作物種子はタンパク質含量が高く、また抗原・抗体などのタンパク質を数年間・室温でも安定的蓄積・貯蔵している。種子のこの特性に注目して、免疫ワクチン製造の抗原蓄積源として利用することが報じられている。著者らはタバコ種子を用いて H5N1 に対する免疫抗体の作出を試み、以下の結果を得た。

- (1) 組換えタバコ種子の作出：HA 遺伝子をアグロバクテリウム法によりタバコ品種 BHmN に導入し、得られた T0 個体 27 系統を自殖して T1 種子を得た。
- (2) 組換え HA (rHA) 蓄積量：27 系統中 7 系統は 0.3~3.0 mg/g 種子の蓄積量であり、特に系統 I-13 は 2.1、I-20 は 3.0 mg/g 種子の高含量であった。
- (3) ニワトリ免疫化試験：I-13 系統種子タンパク質の遠心分離上澄液を生育 3 週間のニワトリに皮下接種 (2 回：初日及び 28 日後) した後に血清の赤血球凝集抑制効果 (HI) から免疫化程度を調査した。抗体作出による免疫化は接種 35 日後にはすべての供試鶏で終了し、この間生育異常・発病は皆無であった。赤血球凝集抑制効果 (HI) は標準ワクチン施用ニワトリと同程度の高い能力を示した。一方、非組換え系統種子を用いた場合はこれらの体液性反応を示さなかった。
- (4) 種子利用のメリット：抗原蓄積源としての組換え種子の利用は、慣行の生合成ワクチンに比べて、簡便・安価・大量生産・安全などのメリットがあり、ワクチン製造への発展が期待される。
- (5) 総括：インフルエンザの赤血球凝集素抗原を高濃度に蓄積する組換えタバコ種子が作出された。同種子由来のタンパク質の接種により、赤血球凝集抑制抗体が標準ワクチンと同程度の効率で作出されることが確認された。

(林 健一)

ゲノム編集動物：GM 作物からの教訓？

Genome edited animals: Learning from GM crops?

Bruce A

Transgenic Research 26: 385-398, 2017

イギリスの大学研究者による原著論文である。ゲノム編集動物の市場化が考慮される一方で、その影響、規制、受入れなどに関する懸念がある。著者は GM 作物の教訓を念頭に、EU 圏におけるゲノム編集動物について広範な論述を行った。

- (1) ゲノム編集動物の最近例：初期の GM 作物における生産性増強偏重に対する EU 圏の反発を考慮して、動物福祉 (animal welfare) への貢献が重視された。乳牛の角の除去、豚への耐病性付与 (アフリカ豚コレラ)、豚繁殖・呼吸障害症候群 (PRRS)、牛・豚・羊の無筋力症改善；将来育種課題としては単一性産子 (牛乳・卵など)、去勢回避、アレルギー抑制などがある。
- (2) ゲノム編集の自然性：慣行育種でも作出可能な機能変化を産生するゲノム編集は「自然」と考えられる (例：角なし乳牛)。自然発生率が高い変化を産生するものも「自然」とみなしうる (例：PRRS、除草剤耐性 GM 作物)。「不自然」ではあっても必ずしも「不要望 (undesirable)」とは限らない (例：牛乳・卵中の薬剂的タンパク質の生成)。
- (3) ゲノム編集と GM：GM (genetic modified) を transgenic と同義と解釈すると、DNA の種間移動を伴わないゲノム編集は transgenic ではなく、規制の対象外とする論拠となっている。ゲノム編集は細胞の自己補修能力に依存し、一種の変異導入技術とも見なされる。一方、オフターゲット効果 (標的以外の配列に対する影響) も完全制御されてはいない。ゲノム編集にはさらに科学的及び社会的議論が必要であり、GM か否かの結論はまだ得られていない。
- (4) GM 規制とゲノム編集：1) 規制の適用：EU 圏では当該ゲノム編集が EU 定義 (指令 2001/18/EC、条項2 (2)) の「GM」と合致するか否かが規制の適否を決定する。2) 植物：スウェーデン・ドイツでは一部のゲノム編集植物が規制外とされている。規制を GM 性ではなく既存法令への適合性から判定している米国ではキノコが、カナダではカノーラが規制の適用外となっている。3) 動物：EU 圏では前述の GM 定義が基本であるが、ノルウェー・オランダ・デンマークでは、動物福祉への貢献を重視する動きがある。米国では GM 動物と同様の規制の適用を考慮したガイドラインについて、パブコメを求めている。4) 規制と開発会社：規制は単にリスク管理だけでなく、開発会社の戦略・競争力・新規路線にも影響する。大量・複雑な規制要求に対して、GM 植物では資金・能力が豊富な少数の国際的大企業の優越性が顕著であり、4 大作物・2 大特性への集中が継続されている。EU 圏では 1 社が先行しているが、小規模・国公立機関の関与は今後の問題である。
- (5) 総括：動物ゲノム編集の将来は、政治的決定・規制要求・公般の受入れ・研究・技術的能力に依存している。初期の適用は動物福祉及び耐病性が重視されるであろう。動物ゲノム編集がもたらす便益について、広範な関係者の理解を得ることが最重要である。

(林 健一)

グリホサート耐性テンサイのインパクト

Impact of glyphosate-resistant sugar beet

Morishita DW

Pest Management Science 74: DOI 10.1002/ps.4503, 2018

米国研究者による、グリホサート耐性 GM テンサイ（GR テンサイ）がテンサイ栽培に与えたインパクトに関する総説である。

- (1) 慣行除草管理：慣行テンサイ栽培では、一般に3～5種類の農薬を栽培期間1～3回施用、これに加えて手作業による除草も必要であった。また、トウモロコシやコムギなどの主要作物に比べてマイナーな作物であるテンサイでは、登録されている農薬も限られおり、推奨用量の使用で作物にも障害が生じた。
- (2) GR テンサイ：GR テンサイは、2005年3月に USDA-APHIS より環境安全性が承認された。その後、アイダホ州及びワイオミング州での小規模な実証栽培試験が実施され、慣行テンサイに対し、122米ドル/ha の雑草管理コスト削減、576米ドル/ha 以上の総経済的利益の増加が見込まれた。
- (3) 栽培シェア：GR テンサイは、2008年から米国で生産者への種子販売が開始され、米国での栽培シェアは、2009年に95%、現在（投稿日は2016年10月）では99%にまで急速に採用を広げている。
- (4) GR テンサイの農学的価値：1) グリホサートは除草効率が非常に高く、また GR テンサイへの影響は皆無である。2) テンサイ栽培は病害虫管理の観点から連作ができず、3～4年のローテーションが必要である。これは、耐性雑草の出現抑制管理にも都合が良い。3) テンサイは開花前に収穫されるので、花粉によるジーンフローの懸念はない。4) テンサイは製糖原料であり、通常の製糖過程で DNA は分解され、最終製品に DNA は含まれない。5) GM テンサイを原料とする製糖は慣行テンサイを原料とする製糖と同等性が確認されている。
- (5) 総括：以上の経済的利益・農学的形質から、現在入手可能な他の GR 作物の中でもテンサイは GR 技術に最も適した作物と考えられる。

(小口 太一)

長期にわたる県レベルでの分析による中国におけるワタ害虫に 対する土地利用、*Bt*ワタ、天候の影響分析

Multidecadal, county-level analysis of the effects of land use, *Bt*
cotton, and weather on cotton pests in China

Zhang W *et al.*

PNAS 115: E7700-E7709; doi.org/10.1073/pnas.1721436115, 2018

国際食料政策研究所（国際農業研究協議グループ傘下）及び中国、オランダの大学・研究所の研究者による原著論文。中国国内の51県（county）における20年以上にわたるデータを縦断的に分析し、3種類の主要なワタ害虫の変動要因に関して以下の結果を得た。

- (1) 調査内容：調査地域は、安徽省（4）、河北省（7）、河南省（10）、湖北省（4）、江蘇省（9）、陝西省（3）、山東省（10）、山西省（4）の計51県。1991～2015年の25年間を調査対象とした。調査害虫は、ワタアブラムシ（*Aphis gossypii*）、オオタバコガ（*Helicoverpa armigera*）、カスミカメムシ類（主に *Apolygus lucorum*（コアオカスミカメ）、*Adelphocoris suturalis*（ナカグロカスミカメ）、*Adelphocoris lineolatus*（ヒゲナガカスミカメ）、*Adelphocoris fasciaticollis*）とした。
- (2) *Bt*ワタ栽培シェア：中国では1996年より *Bt*ワタの栽培が開始され、初期は長江流域よりも黄河流域（河北省、河南省、陝西省、山東省、山西省）でシェアが高かったが、2015年までには調査対象8省いずれも採択率100%に達した。
- (3) 害虫被害：ワタアブラムシの被害は、1990年代前半に大幅に減少、1995～2010年はほぼ横ばい、その後やや減少傾向である。オオタバコガ被害は、1990年代前半から2000年代前半にかけて半減した。対照的に、カスミカメムシ類は、1997年頃までは軽微であったが、その後2010年までに劇的に被害が増加した。3大害虫全体の被害は2008年以降、徐々に減少傾向にある。
- (4) 殺虫剤使用：オオタバコガは1990年代前半には度々大量発生し、その度に殺虫剤を噴霧した。噴霧回数は、1990年代前半の年平均9.3回から、2006年以降は年平均3回以下に減少した。1997年以降増加したカスミカメムシに対する殺虫剤散布は、2005～2015年の平均で年3.7回であった。3大害虫全体としての殺虫剤噴霧回数もまた、2008年以降は徐々に減少傾向にある。
- (5) 土地利用：対象地域の主要土地利用形態は耕作地で全体の55%以上を占める。以下、市街地（26%）、水域（10%）、森林（5%）、草地（4%）、未利用地（1%）と続く。1990年から2015年の間に、耕作地、草地、未利用地は面積比で減少したが、市街地、森林は増加した。
- (6) 気候：5月、6月、8月の月平均気温は1991～2015年に上昇した。同期間に6月の降水量は減少したが、8月の降水量は増加した。これらの気候変動は害虫を刺激し、ワタの生産に悪影響を及ぼす可能性がある。
- (7) 統計分析：土地利用の多様性はワタアブラムシとカスミカメムシ被害と負の相関を示したが、オオタバコガ被害とは無関係であった。森林、水域、未利用地の占有率は、カスミカメムシ被害と負の相関を示す一方、オオタバコガ被害と水域及び未利用地占有率には強い正の相関が示された。
- (8) 総括：以上の結果は、統合害虫管理（IPM）の一要素としての *Bt* ベースの害虫抵抗性の有効性に関する往年の結果を支持するものであるが、非意図的な害虫総体の変動や気候変動影響による影響を含め今後も慎重に検討していく必要がある。

（小口 太一）

ERA プロジェクト調査報告

2018年12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 宮澤陽夫

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)