
植物バイオテクノロジー報告書

March 2025

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・安全性・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。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

2025.03

バイオテクノロジー研究会

2025年の植物バイオテクノロジー報告書第1号（通算69号）をお届けします。

本号では、バイオテクノロジー作物の開発、規制、および社会実装に関する幅広い知見を紹介しています。

No.662では、世界各国のバイオテクノロジー作物の圃場試験に関する規制状況や実施状況を調査し、特に厳しい規制スタンスをとるヨーロッパと他の国々とを比較しています。

遺伝子組換え作物に関しては、No.663でバングラデシュの稲作における雑草管理の実態と遺伝子組換え除草剤耐性イネの潜在的有用性を、No.664ではインドネシアにおける窒素利用効率の高い遺伝子組換えイネの圃場試験結果を紹介しています。

ゲノム編集技術の開発事例として、No.665ではリグニン生合成関連遺伝子を多重ゲノム編集したポプラによるパルプ生産効率向上や温室効果ガス排出削減の可能性を取り上げています。

さらに、社会受容に関する調査研究として、No.666ではイタリアにおける消費者の遺伝子組換え食品に対する認識と情報の重要性を、No.667では米国とスイスにおけるゲノム編集作物の受容性に影響を与える要因を紹介しています。

なお、これまでの調査報告書は以下の URL で閲覧可能です。

<http://www.ilsijapan.org/ILSIJapan/COM/Rcom-bi.php>

植物バイオテクノロジー報告書の送付方法には郵送とメール配信の2種類がございます。送付方法の変更、もしくは送付停止を希望される方は ILSI 事務局（ilsijapan@ilsijapan.org）までご連絡ください。

目次

No.662	バイオテクノロジー作物の圃場試験に関する世界規模の調査：新たな期待と古い政策による障害 Worldwide study on field trials of biotechnological crops: new promises but old policy hurdles	1
No.663	収量性を超越する：バン格拉ディッシュの雑草管理に関連する農家の認識とニーズを解明する Beyond yield: Unveiling farmer perceptions and needs regarding weed management in Bangladesh	4
No.664	熱帯水田で栽培される窒素利用効率の高い遺伝子組換えイネの圃場パフォーマンスと亜酸化窒素排出量の評価 Field performance and nitrous oxide emissions of transgenic nitrogen use efficient rice lines cultivated in tropical paddy fields	6
No.665	持続可能な繊維生産のための木材のマルチプレックス CRISPR 編集技術 Multiplex CRISPR editing of wood for sustainable fiber production	8
No.666	遺伝子組換え食品に対する消費者の反応：イタリアにおける事例研究 Consumers' response to genetically modified food: an Italian case study	10
No. 667	農業におけるゲノム編集に対する消費者の認識と受容性：アメリカとスイスからの洞察 Consumers' perceptions and acceptance of genome editing in agriculture: Insights from the United States of America and Switzerland	11

Worldwide study on field trials of biotechnological crops: new promises but old policy hurdles

バイオテクノロジー作物の圃場試験に関する世界規模の調査：
新たな期待と古い政策による障害

Ricroch *et al.*

2024

Frontiers in Plant Science,

<https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1452767>

バイオテクノロジー作物の圃場試験（FT）は、導入した形質や安全性を評価するために不可欠なプロセスであるが、規制によるその実施の可否は国により大きく異なっている。本論文では、特に厳しい規制スタンスをとるヨーロッパの研究グループが、世界各国の圃場試験実施に関する規制状況を比較し、その差異がどう影響しているのか、特にヨーロッパと他の国々を比較し、現状と課題を整理している。遺伝子組換え作物における FT 実施に関する議論が続いている日本にとっても、有用な知見になると考え、本論文を選定した。

- ✓ FT の実施は、特定形質が実際の条件で十分に発現することを確認し知的財産ルール（例えば UPOV（International Union for the Protection of New Varieties of Plants）の COV（Proprietary Plant Variety Protection Certificates）を取得するなど）に準拠する観点から重要である。
- ✓ 各国の遺伝子組換え（Tr）作物とゲノム編集（GenEd）作物の栽培の承認と FT 実施状況についての調査は、バイオテクノロジー植物分野の研究者に対して行うとともに、各国の政府関連のサイト、FAO、ISAAA、OECD や BCH などのデータベースを使用して実施した。
- ✓ 国連加盟国193か国のうち、バイオテクノロジー植物の FT に関するデータを入手できたのは141か国であった。このうち、89か国は、現在 FT を実施中である41か国と FT を実施していない48か国に分かれた。他52か国は公開データがなかった。
- ✓ 36か国は FT 実施に規制当局の追加承認が必要である。11か国では、FT が許可されていないまたは現地の事情から実施不可能であり、その半数は EU 加盟国（キプロス、エストニア、フランス、アイルランド、ポルトガル）であった。アジア・アメリカ大陸は、EU・アフリカよりもバイオテクノロジー作物の FT 実施に対して積極的な姿勢である。ただし、アフリカのエジプト、エチオピア、ガーナ、ケニア、モザンビーク、ナイジェリアなど現在 FT を実施している国もある。日本やイタリアのように FT を実施しやすいよう規制が改訂された国もある。スペインでは、申請中の FT は保留されている。南アフリカでは2021年以降、FT 実施歴は無い。11か国で実験室レベルのバイオテクノロジー植物研究は実施されているが FT は実施されていない。
- ✓ 2021年以降、世界では16植物種で198件のイベントが承認され、41か国で36種の作物で FT が実施された。そのうち30か国の情報から、導入形質は、生物的ストレス耐性20%、除草剤耐性

15%、産業用途12%、収量性11%、栄養成分改変11%、非生物的ストレス耐性7%、基礎研究3%の割合であった。

- ✓ 生物的ストレス耐性ではジャガイモが最も多く6か国で実施されていた。除草剤耐性は、キャノーラ・トウモロコシの実施件数が多く、新しい植物種としてベントグラス、マツ、コムギなどがあった。収量性ではオオムギ、カメラナ、マツ、コムギなどの新しい植物種が試験されていた。
- ✓ 2022年、2023年に承認された Tr 作物の91% 以上で生物的ストレス耐性が導入され、次いで非生物的ストレス耐性4%、栄養成分改変3%、収量性1%、産業用途1%となっており、この3分の2は除草剤耐性を持っていた。FT が行われた植物の導入形質と大きく異なったことが特徴的であった。
- ✓ EU では、2015年に制定された指令に基づきオプトアウト（バイオテクノロジー作物を加盟国がそれぞれで栽培制限できるようになる）をすることができるようになった。ヨーロッパ地域33か国のうち、EU 加盟国27か国とその他の国のうち主要国の状況を以下に示す。
- ✓ フランス：2013年に実施された Tr 作物の FT が最後であり、2014年以降すべての Tr トウモロコシの栽培は法律で禁止されている。FT 実施自体は法律で禁止されていないが、農業省は現在 Tr 作物の圃場試験を許可していないと報告している。ただし、2023年5月に農業大臣が、Tr 植物の規制緩和に賛成し、認可プロセスを軽減することを宣言している。
- ✓ ドイツ：オプトアウトを行い、最後の FT は2017年である。複数の大手の農業バイオテクノロジー企業の本社があるが、研究開発センターは EU 外に移転されている。
- ✓ イタリア：2015年にオプトアウトしたため、バイオテクノロジー作物の栽培は許可されていない。しかし、2023年6月に政治団体が新育種技術（NBT）産物の FT 実験の実施に投票で同意し FT を実施できるよう規制の変更がなされた。
- ✓ スペイン・ポルトガル：スペインは EU 最大のバイオテクノロジー作物生産国であり、2015年にオプトアウトしない立場を表明した。FT 実施は許可されているが、国の開発意向がないため実施されていない。同じ状況がポルトガルでも生じている。しかし最近、スペインで GenEd タバコと塩分・干ばつストレス耐性の Tr ブロッコリーの FT が認可された。
- ✓ イギリス：バイオテクノロジー作物、特に GenEd 作物に関してヨーロッパでもっとも積極的な国の一つである。2022年4月、作物科学センターは Tr および GenEd 作物の FT を実施すると公表した。
- ✓ スイス：FT が実施されたもう一つの国である。フェンスで囲まれた専用の圃場で、生物的ストレス耐性のオオムギ、トウモロコシ、コムギについて実施された。
- ✓ EU は現在、新遺伝子技術（NGT）と呼ぶ Tr 産物の取り扱いについて、「自然に」発生する可能性のある軽微な突然変異は NGT-1ステータスで FT 実施が許可され、その他の突然変異は重い規制条件が課される NGT-2となることが議論されている。現在 EU で実施されている FT が、どちらのカテゴリーに該当するか本研究で判定したところ、すべて NGT-1に分類された。これは、EU の公的研究所が NGT-2製品は欧州市場に投入することが難しく避けた可能性があること、そして大きなゲノム改変にはトランスジェネシスの利用が選ばれている可能性があるためであると予測している。EU 加盟国のベルギー、デンマーク、スウェーデンは、EU 外のイギリスとともにバイオテクノロジー技術の規制緩和の立場をとってきた。しかし、2015年以降、FT 実施国数は、減少している。

- ✓ EUではGenEdによる形質改変がなされ、そのうちの一定数はFTが実施されているにもかかわらず、そのほんのわずかしが市場に出ていない。これは国によりGenEd作物の規制が異なるというハードルによるものであろう。この顕著な例として、アルゼンチンのBioceres社の合弁会社Trigall GeneticsとフランスのFlorimond Desprezが開発した新しい干ばつ耐性コムギHB4は、ヨーロッパでは商品化されていないが他の地域では栽培が承認されている。このように、ヨーロッパで研究と応用のギャップがさらに広がると他国、特にアメリカ・中国に遅れをとる可能性がある。ただし、2023年7月にEUの規制条件の修正が提案されている。
- ✓ アフリカでは、南アフリカが積極的な立場のリーダーであり、ガーナはTr昆虫耐性ササゲが承認されている。また、セネガルでは、2022年に新しい法律においてバイオテクノロジー研究が認可されている。
- ✓ アメリカで栽培が承認されたイベントはUSDAデータベースでアクセスできないため、アメリカを除くアメリカ大陸諸国の情報としては、カナダが最も積極的な姿勢であり、除草剤耐性ソルガムなど6種の除草剤耐性作物の栽培が認可されている。コロンビア、アルゼンチン、ブラジル、コスタリカ、パラグアイでも過去に除草剤耐性イベントが認可されている。
- ✓ アジア太平洋地域では、ワタ、トウモロコシ、ジャガイモ、ダイズで生物的ストレス耐性イベントが認可されており、除草剤耐性はキャノーラ、ワタ、トウモロコシ、ダイズはほとんどの国で認可されている。またインドネシアではコムギが認可されている。

(津田麻衣)

Beyond yield: Unveiling farmer perceptions and needs regarding weed management in Bangladesh

収量性を超越する：バングラディッシュの雑草管理に関連する
農家の認識とニーズを解明する

Islam *et al.*

2024

Frontiers in Bioengineering and Biotechnology 12:1410128.

<https://doi.org/10.3389/fbioe.2024.1410128>

除草剤耐性遺伝子組換え作物を導入する利点を示すために、コストや労力などの課題が挙げられることが多い。本論文は、米生産大国バングラディッシュにおいて、非遺伝子組換えイネの栽培における除草剤を用いた雑草管理の課題を詳細な農家への調査から定量的に明らかにしている。農業における課題を説明するための知見として、また除草剤耐性イネが有用である可能性を議論できる知見として有用であると考え選定した。

- ✓ バングラディッシュは世界第3位の米生産国であり、国内消費も1人当たり年間260kgと多い。バングラディッシュの農家において、水田で雑草管理が適切になされなかった場合、適切な管理がなされた場合に比べ収穫量が43~51%低下することが推定されている。また、人口が増加しているバングラディッシュでは、今後20年間で1ヘクタールあたり1トンの増収を実現できなければ、人口分の米量はまかなえない。
- ✓ 手作業の除草管理はバングラディッシュを含めた発展途上国で最も広く行われる方法であるが労働力不足の状態である。除草剤の導入は、一人あたり590時間/haから84時間/haに短縮できるため、労働力不足を担保し、収量損失を回避する解決策である。
- ✓ バングラディッシュは、季節性、地形、土壌の種類・肥沃度、排水条件、温度、表水分量、地下水の利用可能性、洪水パターンが異なる30の農業生態学的ゾーン（AEZ）に分けられる。こうした多様な環境条件下で多様な雑草の発生に対して、適切な種類、用量、時期の除草剤使用による雑草管理の理解が必要になる。
- ✓ 調査は、2021年から2023年に、30のAEZすべてから選定された稲作農家（各ゾーンで平均的な栽培規模の農家最低20人）を対象とし、計856人から回答を得た。
- ✓ 輪作体系は35.08%が年3回作物を栽培し、45.18%が2回、19.74%が1回であった。3回栽培の80%がイネを2回栽培し、3回栽培は稀である。一部のAEZは水没して稲作を行えない時期がある。また、90%は高収量品種を栽培している。
- ✓ 調査対象者全員が、可能であれば手作業の除草が最良の方法と考えているが、実際に手作業のみ実施しているのは17.8%であった。79.3%は手作業と除草剤使用を組み合わせていた。除草剤使用のみであった農家は2.7%であった。また、これらの傾向は、AEZ地域によっても大きく異なっており、栽培面積が小さく伝統的な農法が深く根付いているエリアは手作業を好む可能性があった。

- ✓ 除草剤非使用者のうち、81.3%が除草剤使用は作物や土壌に悪影響を及ぼし手作業の方が収量性を高めると考えていたが、作物や土壌を傷つけないのであれば80%は今後の除草剤使用に前向きであった。3.2%は除草剤の有効性を認識しているが、手作業をする十分な労働力があり使用していなかった。また一部の地域では、収穫した雑草を飼料として使用するため除草剤を認識していても使用していなかった。
- ✓ 61.4%は除草剤使用により収量が大幅に増加すると回答した。除草剤による効果に同意しなかった34.9%は、作物への悪影響が理由であった。除草剤処理が作物の生育に与える影響について意見のない農家は1%であった。
- ✓ その他、農家の15.4%は除草剤が生態系に害を及ぼす可能性、除草剤使用者の18.1%は土壌に害を及ぼす可能性と、1.3%はヒトの健康に害を及ぼす可能性があると回答した。
- ✓ 農家の除草剤の効果に対する認識は、主に雑草の発生前の段階に集中しており、81.9%の農家がこの時期に除草剤を使用していると回答した。一方、発生後の段階で除草剤を使用した農家は6.6%だった。除草剤を使用している農家のうち、92.7%が発生前用の除草剤を利用していた。
- ✓ 一部のAEZでは、イネ植え付け前に水田が雑草に覆われているため、グリホサートやパラコートなど非選択性の除草剤が使用されていた。
- ✓ ピラズスルフロンエチルが最も使用されている(35%)除草剤であり、次にベンスルフロンメチルとアセトクロルの組み合わせが27%で、プレチラクロールが15%であった。しかし、農薬の有効成分を意識している農家はわずか0.5%で、基本的に商品名で認識していた。
- ✓ 雑草防除のコストについて、除草剤のみ使用、除草剤と手作業の組み合わせ、手作業のみ、それぞれを試算してもらったところ、除草剤のみ使用が最も安く、次いで除草剤と手作業の組み合わせ、手作業が最も高かった。地域によっては、手作業から除草剤のみ使用に変更するとコストが65%カットできる可能性があった。
- ✓ 44.5%が除草剤使用はイネの苗に悪影響があると認識していた。実際にベンスルフロンメチルとピラズスルフロンエチルは優れた除草剤であるが、苗の成長を阻害し、生育を阻害する可能性がある。35%は悪影響により苗の成長が止まったため追加の肥料を処理し、10%は追加肥料を検討したが高額であり躊躇したと回答した。
- ✓ 傾向に学歴・知識が関連する可能性があった。調査した36.99%は読み書きができず、23.06%は小学校5年以下の教育修了者、27.5%が中等教育修了者、8.63%が高等中等教育修了者、3.82%が高等教育修了者であった。14.2%は除草剤の有効性についての知識が十分ではなく、69.3%は除草剤や用量の選択を農薬店、15.5%は経験、友人、近所に頼っていた。
- ✓ 除草剤使用に関する農家の回答結果から主成分分析を行ったところ、第一主成分、すなわち雑草管理戦略において農家が重要視している点として「除草剤散布頻度」、「除草剤使用時期」、「除草剤コスト」であった。
- ✓ 農家はイネの出芽前除草剤で防除できない雑草を防除する方法を必要としている。出芽後用の除草剤は効果が薄く、イネにも有害である。本研究では、この課題解決に、遺伝子組換え除草剤耐性イネの開発が有効であると述べている。調査した農家の1%しか遺伝子組換え作物を認識していず、99%に対して除草剤耐性の遺伝子組換え作物の収量性が高いことの有用性を説明し、利用を検討できる可能性があると述べた。

(津田麻衣)

Field performance and nitrous oxide emissions of transgenic nitrogen use efficient rice lines cultivated in tropical paddy fields

熱帯水田で栽培される窒素利用効率の高い遺伝子組換えイネの
圃場パフォーマンスと亜酸化窒素排出量の評価

Sisharmini *et al.*

2024

Transgenic Research

<https://doi.org/10.1007/s11248-024-00410-z>

- ✓ イネは世界で3番目の生産量であり、特に多収品種を栽培すると高収量性を実現するために多くの窒素肥料の投入が必要である。
- ✓ 畑に投入された窒素肥料は50%未満が作物に利用されるだけで、残りは土壌中や地下水に流出し、揮発性の亜酸化窒素になる。亜酸化窒素は成層圏のオゾン層を破壊する可能性がある温室効果ガスであり、その温室効果は二酸化炭素の265~314倍でメタンや二酸化炭素より、大気中に滞留して影響を及ぼす可能性がある。
- ✓ アラニンアミノトランスフェラーゼ (*AlaAT*) 遺伝子は、植物の葉、根、胚乳、花などの組織で活性を示すピリドキサル-5'-リン酸依存性酵素である。これまでキュウリやトマトなどの双子葉植物から単離された *AlaAT* 遺伝子をイネで発現させると、野生型植物と比較して、低窒素条件下でもイネの生育パフォーマンスを改善した報告がある。
- ✓ オオムギから単離した *HvAlaAT* 遺伝子は、ジャポニカイネやNERICA4 (アフリカイネ) を遺伝的背景として窒素利用効率を改善する報告がなされている。
- ✓ 本研究は、多くの米を消費する国の一つであるインドネシアの研究グループによる報告であり、アメリカの Arcadia Bioscience 社が *HvAlaAT* 遺伝子をジャポニカ型イネ品種「キタアケ」に導入した遺伝子組換えイネ系統 Kitaake event NUE 609-43 【G1】 のパフォーマンスおよび亜酸化窒素排出量などの評価を行ったものである。G1は、根特異的イネアンチキチンプロモーター-pOSAnt1により *HvAlaAT* を発現させている。同じ形質転換体比較系統として Kitaake Null 609-43n 【G2】 を用いた。
- ✓ インドネシア中部ジャワ州のインドネシア農業環境研究所の実験ステーションで、閉鎖型の圃場試験が実施された。試験設計は、窒素肥料 (kg N/ha) を0、90、135、180の4段階処理し、遺伝子組換えイネ2系統と野生型である Kitaake WT を3回栽培した。
- ✓ 評価は、草丈 (PH)、最大期の分けつ数 (MT)、分けつ数 (PT)、1穂あたりの小穂数 (TSP)、成熟子実の割合 (FG)、1000粒重 (W1000)、穀物収量 (GY) が調査された。また、実験前・栽培初期・成熟期における0~20cmの深さの土壌をサンプリングして窒素量を分析した。また、収穫時の植物から総窒素量の分析を行って窒素吸収量を計算した。窒素利用効率 (NUE) は、作物の窒素吸収量と窒素肥料の総投入量の比 (窒素部分要素生産性: PFP) から算出した。

- ✓ G1の収量は、すべての窒素施肥レベルにおいて、G2と野生型よりも高く、特にG1は、低窒素時よりも高窒素時（135および180kg N/ha）のほうがG2よりも36%および41%高かった。
- ✓ 窒素吸収は、窒素施肥量が多いと吸収も増加する傾向にあった。G1は、G2および野生型よりも基本的に高く、特に0 kg N/ha と18 kg N/ha の時に有意に高かった。
- ✓ PFP と NUE は、どの系統においても窒素投入135 kg N/ha および180 kg N/ha の時よりも90 kg N/ha の時で高くなり、またその中でも G1系統が最も高かった。
- ✓ 亜酸化窒素排出量において、G1はG2よりも37.5%~96.3%の削減率が見られた。
- ✓ その他の農業形質は、窒素利用効率およびPFPと、GY、PT等の収量関連形質と正の相関を示した。
- ✓ 本研究で用いたG1はこれまで温室で栽培した際に25%の収量増加と、53%の肥料使用料削減を報告している。また、*HvAlaAT* 遺伝子を「日本晴」や「カルフォルニア（台北米）」に導入した場合も最大30%高くなった収量が報告されている。
- ✓ これらと比較して、本研究で最大41%であった収量増加は、飛びぬけて高くなった結果ではない。その要因として遺伝的背景で使用されたキタアケが熱帯地域に適していなかった可能性と、評価した試験地の特性として栄養ストレス、干ばつ、塩分条件により低収量化をまねいた可能性が考えられた。亜熱帯に適したインディカ品種を用いる手段もあるが、ジャポニカ品種に比べて形質転換効率が低く、本研究ではジャポニカ品種での評価となった。
- ✓ 本研究の評価により G1系統がG2や野生型よりも収量を増加させ、亜酸化窒素排出量を低下させることが確認された。これらの結果は、インドネシアで栽培面積が広いイネで多収の実現のための窒素肥料投入によって懸念される温室効果を削減できる可能性を示した。

(津田麻衣)

Multiplex CRISPR editing of wood for sustainable fiber production

持続可能な繊維生産のための木材のマルチプレックス CRISPR 編集技術

Sulis DB *et al.*

2023

Science 381: 216-221

米国の林木のゲノム編集に特化したスタートアップ (TreeCo) と米中の大学研究者グループによる共同研究。TreeCo 社は、多重 CRISPR 技術をツールとした林木の改良を目指しており、林木のモデル植物であるポプラ (*Populus trichocarpa*; ブラックコットンウッド) を用いた高パルプ生産効率多重ゲノム編集ポプラの開発事例について以下の報告をした。

1) 遺伝子編集の対象とする戦略の選定

研究グループは、まず既知のデータをもとに、リグニン生合成に関連する遺伝子の発現から様々な代謝物の量をシミュレートするモデルを構築した。21のリグニン生合成遺伝子について、複数の遺伝子 (最大で6つ) を同時に編集する69,123通りの組み合わせについて、リグニン含量の低減、炭水化物対リグニン比 (C/L) 比の増加、成長率の維持などをシミュレートし、総合的に木材特性に好ましい影響を及ぼす347通りの組み合わせが選ばれた。

2) CRISPR/Cas9による多重遺伝子編集

347通りの中の7通りについて、CRISPR/Cas9を用いてポプラに複数の遺伝子を同時に編集する試みが行われた。アグロバクテリウムを用いた遺伝子導入法で、ポプラの遺伝子を編集し、編集された遺伝子の組み合わせや編集効率の違いから174株の遺伝子編集ポプラを作製した。

3) 遺伝子編集ポプラの遺伝的多様性と編集効率の確認

作製された遺伝子編集体について、各標的遺伝子の編集状態 (挿入・欠失の度合い) を解析した。標的遺伝子の中には、編集効率が高いもの (編集率86.1%) もあれば、編集効率が低いもの (編集率9.3%) もあり、編集の度合いが異なる遺伝子の多様な組み合わせが得られていることが確認された。また、オフターゲットの可能性のある2遺伝子について、RNA シーケンシングによる配列を確認し、オフターゲットがないことを確認した。

4) ゲノム編集ポプラの表現型解析

6ヶ月の栽培期間を経た木材を対象に、リグニン含量の低下やC/L比の増加、シリリングル/グアイアシル (S/G) 比の変化を計測した。リグニン含量は最大で49.1%まで減少し、C/L比は最大で228%増加した。また、2D核磁気共鳴 (NMR) スペクトロスコピーを用いた分析により、リグニン構造変化が観察された。

5) パルプ加工特性の評価

ゲノム編集ポプラを用いて実際にパルプを試作した。また、モデル工場 (Carolina Pulp and

Paper mill) を基に低リグニン木材の導入による経済的影響が試算され、パルプの収率向上、化学薬品の削減、ボイラー負荷の緩和といった効果が期待され、工場の生産効率が最大40%向上する可能性があるとして試算された。

6) 環境への影響評価

ゲノム編集ポプラのライフサイクルを通じた温室効果ガス (GHG) 排出量の削減効果も評価された。リグニン含量を減らし S/G 比を上げることで、温室効果ガスの排出が最大20%削減できると予測された。

7) 総括

リグニン生合成関連遺伝子を複数同時編集することで、木材中の炭水化物対リグニン比 (C/L 比) を大幅に増加させることに成功した。このゲノム編集によって、従来の木材と比べてパルプ生産効率は最大228%向上し、繊維生産の効率が向上することが確認された。さらに、環境への影響を抑えつつ、パルプ工場での運用効率と生産量を最大40%まで向上させることが可能になり、バイオ経済や環境保護に貢献する持続可能な繊維生産の実現に寄与する。

(小口太一)

Consumers' response to genetically modified food: an Italian case study

遺伝子組換え食品に対する消費者の反応：イタリアにおける事例研究

DeMaria F *et al.*

2024

GM CROPS & FOOD 15: 303-315

イタリアの農業研究評議会（CREA）傘下の研究機関の研究者による報文。遺伝子組み換え（GM）食品に対するイタリアの消費者の受容度を調査し、以下の内容を報告した。

1) 消費者の知識レベルと情報源

消費者がGM技術に関する知識をどの程度持っているか、またその知識が実際の理解と一致しているかの調査結果では、多くの消費者がGM技術についての主観的な知識はあると回答している一方で、実際の技術的な理解度は低く、主観的な知識と客観的な理解の間にギャップが存在することが明らかになった。多くの消費者はSNSやインターネット、テレビなど科学的根拠が不明確な情報源に依存しており、これが情報の偏りや誤解を生んでいることが示唆された。

2) 食品安全性と環境の持続可能性に対する認識

消費者がGM食品に対して抱く安全性や環境への影響についての認識が購買意欲にどのように影響するかを調査した結果、消費者は食の安全性に強い関心を持っており、GM技術が食品の安全性にどのように影響するかを慎重に考慮していた。一部の消費者は環境への貢献（例えば、農薬の使用削減や持続可能な農業の促進）に対して肯定的な見解を示したが、それでも食の安全性が最優先の判断基準となっていることがわかった。

3) 購買意欲と情報の影響

消費者の購買意欲に年齢、性別、教育水準、収入などの要因が与える影響を多項ロジットモデルによって分析した結果、年齢が高い消費者や教育水準が高い消費者ほど、GM食品に対する購買意欲が低くなる傾向が見られた。また、科学的根拠に基づく信頼できる情報が十分でないことが、消費者の購買意欲を低下させていることも確認された。特に、信頼性の低い情報源（SNSやインターネットなど）から得た情報によって、GM食品に対する不安が増幅されていることが示唆されており、こうした情報が消費者の判断に悪影響を及ぼしていると考えられる。

4) 総括

調査では、消費者の大半が遺伝子組換え作物や新ゲノム技術（New Genetic Technologies：NGTs）に対する基本的な認識を持っているものの、その詳細や違いについては理解が不足していることが示された。多くの消費者は「食の安全性」や「環境への影響」に対する懸念を示し、これが購買意欲に大きく影響している。科学的で信頼できる情報が提供されることで、GM食品の受容度が高まる可能性があることが示唆される。

（小口太一）

Consumers' perceptions and acceptance of genome editing in agriculture: Insights from the United States of America and Switzerland

農業におけるゲノム編集に対する消費者の認識と受容性： アメリカとスイスからの洞察

Bearth A *et al.*

2024

Front. Genome Ed. 6: 1377117

スイスと米国の研究者グループによる論文。ゲノム編集技術は農業の多くの課題に対応する可能性があるが、規制の不確実性や消費者の受容性の低さが技術の普及における大きな障壁となっている。消費者は、ゲノム編集作物について安全性や環境への影響を懸念しており、これが技術の受け入れを妨げている可能性がある。著者らは、異なる規制環境にある米国とスイスの消費者が、特定のゲノム編集技術の応用例に対してどのように反応するかを分析し、以下の内容を報告した。

1) 調査方法

2022年11月、1202人（米国613人、スイス589人）を対象にオンラインで実施した。参加者は、疫病抵抗性ジャガイモ、グルテンフリーコムギ、耐寒性ダイズという3つの応用例のいずれかについての説明を読み、それに対する感情や意見を評価した。評価項目には、「安全性」「自然らしさ」「受容性」、および「伝統的な作物と比較した際の食べる意欲（WTE）」などを含む。

2) 国ごとの反応の違い

米国では、規制が比較的緩やかで既に遺伝子組換え技術が普及していることから、ゲノム編集技術も消費者により好意的に受け入れられる傾向であった。

スイスでは遺伝子改変作物に対する規制が厳しく、商業的な栽培が禁止されているため、ゲノム編集技術に対しても同様にリスク認識が高く、受容性も低い結果が現れた。

3) 応用例ごとの評価

応用例の種類によって消費者の評価に大きな違いは見られなかったが、主食であるコムギを応用したグルテンフリーコムギについては、消費者が食べる意欲（WTE）が若干低い傾向があった。

4) 情動ヒューリスティックの影響

アメリカとスイスの両国において、ゲノム編集技術に対する肯定的な感情が高い参加者ほど、技術を受け入れる傾向が強く、否定的な感情を持つ参加者はその逆であった。この結果は、消費者のゲノム編集技術に対する反応がリスク・利益の理性的な評価だけでなく、感情的な反応に強く左右されることを示唆した。

5) 信頼感と価値観の影響

ゲノム編集技術に対する受容性は、政府や企業、科学機関に対する信頼感とも密接に関連していた。特に、信頼が高い参加者は技術を受け入れる傾向が強く、信頼が低い参加者は逆の傾向が見られた。また、「自然をいじること」への嫌悪感や、「人間も自然の一部である」と感じる価値観も受容性に影響を与えていた。スイスの参加者では、人間が自然の一部であると感じる人の方が技術を受け入れる傾向があった。

6) 総括

消費者の価値観や信頼感、国の規制環境が、農業分野における新しい技術の受容性に重要な役割を果たすことを示唆した。消費者の受容性を高めるためには、技術の安全性や利益についての情報を提供するだけでなく、消費者が持つ感情的な懸念や価値観にも配慮したコミュニケーションが必要である。また、科学者や政策立案者は、消費者の価値観や規制環境に応じたアプローチが求められる。

(小口太一)

植物バイオテクノロジー報告書

2025年3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 宮澤陽夫

〒135-0004東京都江東区森下3-13-5

グローバルビル5F

TEL 03-6284-0877

FAX 03-6284-0878

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