



## 遺伝子組換え作物の最新動向 2020年2月



### ニュース

- ゲノム編集作物に対する専門家と一般市民の対応の違いを明らかにした
- EPA 規制レビュー:グリホサートには、ヒトへの健康上のリスクはない
- キューバがバイテク甘味料を生産
- フィリピン BT ナス農業者の叫びに焦点を当てた新しいビデオシリーズがでた
- 遺伝子組換え蛾の一般圃場での開放試験が成功
- コロンビアは15年にわたる GM 作物栽培による経済的および環境的な利益を受けている
- SVALBARD GLOBAL SEED VAULT は、35 の遺伝子銀行から種子の大規模寄託を受けた
- FAO 局長が一般的な食品システムへの生物多様性の役割を述べた

### 研究のハイライト

- 野生のトマトは、栽培品種よりも優れた耐細菌性胴枯れ病を示す
- トウモロコシ中の酸化防止剤含有量の改善
- ゴールドライス®の安全性を研究で明示
- 単一の操作組換え体での遺伝子組換えタンパク質の濃度は、従来育種法でのスタック品種でのそれと同じ濃度である
- バイテク技術の組み合わせで開発されたウイルス耐性柑橘類

### 革新的育種

- 遺伝学読解記述力向上プロジェクト (Genetic Literacy Project、GLP) が世界的遺伝子編集規制追跡と索引付けに関するツールを公開した
- イネのゲノム編集のためのシンプルで効率的なクローニングシステムが開発された

## ニュース

### ゲノム編集作物に対する専門家と一般市民の対応の違いを明らかにした

東京にあるデータ科学研究の共同支援センターと統計数理研究所の特任研究員である新田(加藤)直子博士が率いる日本の研究者のチームは、日本では、遺伝子組換え(GM)作物の生産が厳しく規制され、容易に受け入れられない中で、新たな技術や従来の育種技術と比較して、ゲノム編集を作物の育種に利用することの有用性、リスクやその価値についての専門家と一般市民の受け止め方に潰えての調査を行った。

Web ベースの調査を分子生物学の専門知識の有無にかかわらず、一般市民の 3,197 人のボランティアと科学者の参加者を対象に実施した。この研究は、一般市民が最高のリスクと最低の利益を示した一方で、分子生物学の専門知識を有する参加者が新興技術を認識し、食品用途に最低のリスクと最高の利益または価値を提供するとした。他の学問分野の専門家は、リスクに関して一般の人々と同様の認識を持っていたが、価値に関しては分子生物学の専門家と同様の認識を持っていた。一般市民は、遺伝子編集された作物を、他の遺伝子組換え作物よりも有益で価値があり、リスクも少ないと認識する傾向があった。

「結果から 2 つの新しい仮説を提案することにより、科学コミュニケーションにおける欠如モデル(知識の欠如を埋めようとするコミュニケーション方法論)の境界条件を解明することが出来た。」と新田(加藤)氏は述べた。このモデルは、科学的知識が増加するにつれて、新しいテクノロジーの一般の受け入れも増加すると想定している。新田(加藤)氏によると、この仮定は従来の科学にのみ有効であり、その知識は教室での教育を通じて習得できるが、ゲノム編集などの新しい科学には有効ではない。「第二に、新興科学に関するモデルの仮定は、有益性増加の受容には有効であるが、リスク減少の受容性獲得には有効ではない。」と新田(加藤)氏は付け加えている。

詳しくは、以下のサイトにある論文を御覧下さい。 [Nature Communications](#)

---

### EPA 規制レビュー:グリホサートには、ヒトへの健康上のリスクはない

米国環境保護庁(EPA)は、パブリックコメントを集めやその検討を行った後 2020 年 1 月にグリホサートの規制レビューの結果を発表した。その暫定決定で、EPA は、グリホサートが現在の表示内容に従って使用される限り、ヒトの健康にリスク懸念のないことをこれまで通り確認した。暫定登録審査決定によれば、当局はグリホサートへの暴露による潜在的なヒトへの健康リスクを徹底的に評価し、グリホサートの現在登録されている使用によるヒトの健康へのリスクはなく、また、グリホサートには発がん性がないと結論付けた。

グリホサートは、広葉雑草やその他の雑草を制御するために広く使用されている除草剤であり、1974年に最初に登録された。そして、これに関する入手可能なデータを独自に評価して以下のように結論した。

グリホサートの現在の使用では、ヒトの健康への懸念のリスクはない。使用法を守ると、グリホサートは子供や大人にリスクをもたらさない。

子供がグリホサートにより敏感であることを示す証拠もない。さまざまな方面からの多数の研究を評価した後、当局は、子供が子宮内または出生後のグリホサート曝露に対してより敏感であることの証拠も見つからなかった。この評価の一環として、EPAは、乳児、子供および出産可能年齢の女性を含むすべての集団を評価した。

グリホサートがヒトに癌を引き起こすという証拠はない。当局は、グリホサートはヒトに対して発がん性がある可能性はないと結論付けた。EPAは、国際がん研究機関(IARC)よりもはるかに広範囲で関連性の高いデータを検討した。

グリホサートが内分泌かく乱物質であるという証拠もない。グリホサートは、EPAの内分泌かく乱物質スクリーニングプログラムの下でTier Iスクリーニングを受けており、入手可能なすべての情報に基づいて、EPAは既存のデータを調査し、グリホサートがエストロゲン、アンドロゲンまたは甲状腺のシグナル伝達経路と相互作用する可能性がないと結論付けた。

1996年から2018年にかけて、グリホサートやグルホシネート耐性作物などの除草剤耐性(HT)作物が、遺伝子組換え/バイテク作物作付面積の中で最大を占めた。2018年だけでも、HT作物は8750万ヘクタールを占めており、これは世界で栽培された1億9170万ヘクタールの遺伝子組換え作物の45%を占めている。

詳しくは、以下のサイトにあるグリホサート暫定登録審査決定をご覧ください。[EPA website](#)

---

## キューバがバイテク甘味料を生産

キューバの遺伝子工学とバイオテクノロジーセンター(CIGB)は、砂糖の代替品として国が販売できるバイテク甘味料を開発したと発表した。上記の甘味料であるフルーツオリゴ糖(FOS)は、ソルビトールとCIGBが開発した酵素から作られている。酵素の製造方法に関する技術は、BioCubaAgro 2020 Congressで明らかにされる。

CIGB ディレクターのMario Estrada氏は、甘味料は健康に良いプレバイオティクスで低カロリーの繊維だといった。AzCuba Sugar Groupとの協力でCIGBが開発した。CIGB

は、FOS を、可溶性繊維として機能する末端グルコースに 2、4 結合したフルクトースで構成される非消化性天然糖としている。彼らによると、その摂取は腸内細菌叢に有益であり、乳酸菌とビフィズス菌の増加を促進する。

Estrada 氏によると、バイテク甘味料はキューバのもう一つの収入源になる可能性がある。これは、キューバ政府が輸出の増加と産業の多様化を求めているときに重要である。キューバは最近、砂糖の輸出国からフランスなどの国からの同製品の輸入に移行している。

CIGB は、この酵素の開発の背後にある科学を発表で明らかにしなかった。しかし、この研究の結果は、2020 年 5 月 3 日から 7 日にキューバの Matanzas で開催される CIGB が主催する会議、BioCubaAgro 2020 で発表される研究に含まれており、これには、南アメリカ、ヨーロッパ、アジア、アメリカ、カナダなどから 30 か国が参加する。この会議では、産業バイオテクノロジー、植物バイオテクノロジー、植物環境相互作用、バイオテクノロジー種子の 4 つのシンポジウムが開催される。出席する主要な話題提供者には、ノーベル賞受賞者の Richard John Roberts 氏や世界食品賞受賞者の Marc van Montagu 氏などのバイオテクノロジーの有名人物がいる。

CIGB の広報は以下のサイトにある。[Prensa Latina](#) また、会議の詳細は、以下のサイトをご覧ください。[BioCubaAgro 2020](#)

---

## フィリピン Bt ナス農業者の叫びに焦点を当てた新しいビデオシリーズがでた

SEARCA バイオテクノロジー情報センター (SEARCA BIC) は、フィリピンでの Bt ナスの開発の記録と、遺伝子組換え (GM) 作物の開放に向けての農民の叫びに焦点をあてた新しいビデオシリーズを作成した。

ナスの栽培は農家の主要収入源であるが、現状は農家、消費者、環境を危険にさらしている。ナスはナスアワノメイガ (EFSB) の影響を受けやすく、年間約 73% の収量損失を引き起こしている。

この問題に対処するため、University of the Philippines Los Baños-Institute of Plant Breeding (UPLB-IPB) (UPLB-IPB) の科学者は現在、土壌細菌 *Bacillus thuringiensis* の遺伝子を含む GM ナスを開発している。ナスに Bt 遺伝子を挿入すると、EFSB に対して抵抗性になり、作物が保護される。

フィリピンのナス生産州の Bt ナスの導入可能性のある農家は、Bt ナスに対する完全な支持と商業化の承認を表明している。UPLB-IPB の Bt ナスプロジェクトの支持者も、作物の開発とその健康と環境の利点について議論した。学界と政府の専門家も同様に、

市場に開放される前に GM 製品の安全性を確保している国の厳しいバイオセーフティ規制プロセスについて論議した。Bt ナスの話については、既に Feed the Future South Asia Eggplant Improvement、Department of Agriculture–Biotechnology Program Office、および Greenbug Media Productions から 6 本のビデオが制作されている。

詳しいことは、以下のサイトでビデオシリーズをご覧ください。[SEARCA BIC's YouTube Channel](#)

---

## 遺伝子組換え蛾の一般圃場での開放試験が成功

自己制限的な遺伝子組換えコナガの史上初の一般圃場での開放試験が成功した報告された。Oxitec Ltd.によって開発されたコナガの新しい系統は、圃場での害虫を制御するように改変されている。Anthony Shelton 教授が率いる Cornell University の研究は、遺伝子改変された系統が、改変されていないコナガと同様の野外行動を有し、農業者のアブラナ属作物の将来の保護を示す結果を示した。

開放後、改変された系統のオスは害虫のメスを見つけて交尾しますが、子孫に渡される自己制限遺伝子はメスの毛虫の生存を妨げる。持続的な放出により、害虫の個体数は、目標を定めた生態学的に持続可能な方法で抑制される。開放が停止した後、自己制限昆虫は減少し、数世代以内に環境から消える。

Shelton 教授のチームは、一般圃場および実験室でのテストと数学的モデリングを使用して、野生の相手が何十億ドルもの損害を引き起こす遺伝子組換え系統のコナガの系統に関する情報を収集した。この研究は、自己制限的な農業昆虫を一般圃場に放した世界で最初の研究でした。

圃場試験は、Shelton 教授と共同研究者による以前に発表された温室での結果に基づいており、自己制限株の持続的放出が害虫個体群を効果的に抑制し、殺虫剤に対する耐性を防いだことを示した。「私たちの研究は、1950 年代に開発され、Rachel Carson の著書「サイレントスプリング」で称賛された、昆虫を管理するための増殖能のない昆虫技術に基づいている。」とシェルトン教授は報告している。「遺伝子工学を使用することは、同じ目的を達成するためのより効率的な方法である。」と追加している。

詳細は以下のサイトのニュースリリースをご覧ください。[Oxitec](#)

---

コロンビアは 15 年にわたる GM 作物栽培による経済的および環境的な利益を受けている

PG Economics Ltd.の Graham Brookes が実施した調査が、journal *GM Crops and Food*に掲載されている。そこでは、2003 年以來、作物バイオテクノロジーが、コロンビアの農業者がより少ない資源を使用して、より多くの食糧、飼料、及び繊維を生産することで 3 億米ドル以上の収入増を図った。作物バイオテクノロジーにより、コロンビアの農業者は、より良い害虫と雑草の抑制によって高い収量を得ることができ、綿花とトウモロコシの生産による環境影響を削減した。

この調査によると、2003 年以降、約 100 万ヘクタールのバイテクワタとトウモロコシがコロンビアで栽培され、2018 年には、このテクノロジーが、コットンと(商業)トウモロコシのそれぞれ 90%と 36%に相当する量を占めた。

害虫および雑草防除による生産増とコスト削減により、トウモロコシ農業者は、GMトウモロコシの種子に通常よりも US \$ 1 を追加して費やすごとに、平均で+ US \$ 5.25 の投資収益率を上げると共に平均で 294 USドル/ ha に相当する高い収入増加を達成した。綿花農業者の場合、収入の平均増加は 358ドル/ ha であり、従来の種子と比較して GM 種子に 1ドル余分に費やした場合の平均投資収益率は 3.09ドルに相当する。また、この研究では、作物バイオテクノロジーが燃料使用の削減を促進し、GM 綿およびトウモロコシの作付地域からの温室効果ガス放出の削減をもたらし、希少な土地資源の節約に貢献したことが分かった。

詳しくは、以下のサイトのニュースリリースをご覧ください。[PG Economics](#) また、論文は、以下のサイトから入手できる。[GM Crops & Food](#)

---

## SVALBARD GLOBAL SEED VAULT は、35 の遺伝子銀行から種子の大規模寄託を受けた

ノルウェーの Svalbard Global Seed Vault は、2020 年 2 月 25 日にノルウェーの首相で国連 SDG 提唱グループの共同議長である Erna Solberg 氏の主催する寄託行事で、全大陸から 35 の遺伝子銀行から種子の寄託を受けた。種子は、35 の国際および地域の遺伝子銀行、ならびに国内の機関および市民社会組織からのものである。これにより、Svalbard Global Seed Vault に保存されているシードサンプルの総数は 100 万を超え、寄託者の総数は 85 になった。

その中には、初めての寄託者である Cherokee Nation ([USA](#))、the University of Haifa (イスラエル)、Institut National de la Recherche Agronomique (モロッコ)、Julius Kühn Institute (ドイツ)、Lebanese Agricultural Research Institute、Baekdudaegan National Arboretum (韓国)、Suceava Genebank「Mihai Cristea」(ルーマニア)、および Kew Gardens (英国) が含まれる。

「2020 年は飢餓ゼロを目指す先の SDG 2 の達成目標 2.5 を達成するための期限であり、ここで作物と家畜の遺伝的多様性を保護するよう国際社会に求めているもので、この寄託イベントは、特にタイムリーである。」とノルウェーの Erna Solberg 首相が述べた。寄託イベントは、2008 年の種子保管庫の開設以来最大で、2019 年の技術アップグレードの完了以来の最初の主要な寄託だった。寄託された種子には、一般的な主食作物と多種多様な野菜、ハーブ、およびそれらのあまり使用されない野生類縁種が含まれている。

詳しくは、以下のサイトにあるニュースリリースをご覧ください。 [The Crop Trust](#)

---

## FAO 局長が一般的な食品システムへの生物多様性の役割を述べた

国連食糧農業機関 (FAO) の Qu Dongyu 局長は、人間にとっての生物多様性の重要性を強調し、生態系にとっての基本であり、食物多様性の基礎であると述べた。彼は、農業と食料システムが持続可能な開発の概念の中心であると述べた。

これは、FAO が主催する生物多様性条約によって設立された自由なワーキンググループの第 2 回会議での彼のメッセージの一部だった。Qu 氏によると、食物は環境のある程度の変化を起こす方法で生産されている。したがって、ヒトが受け入れる準備ができている変換の種類と規模について慎重に議論することが重要である。

この会議は、2020 年 10 月に中国昆明で開催される国連生物多様性会議に通じる、年間を通じて行われる一連の活動の一部である。Qu 氏は、生物多様性交渉に関する条約の中で、成果を出すことを強く求めている 2020 年以降の生物多様性フレームワークを策定し、今後 10 年およびそれ以降の生物多様性の方向性を設定することになる。この会議は、2050 年までに 90 億人を養うという世界的な食料生産の増大する課題に対処し、天然資源の過剰利用を回避することを目指している。

将来に関する詳しいことは、以下のサイトにあるニュースリリースをご覧ください。 [FAO](#)

---

## 研究のハイライト

### 野生のトマトは、栽培品種よりも優れた耐細菌性胴枯れ病を示す

Cornell University の科学者が、*Bacteriology* 誌に野生トマトの品種は、伝統的に栽培されている品種よりも細菌性胴枯れ病に耐性があると報告した。彼らは、栽培トマトと比較して、野生トマトで細菌がどのように広がりコロニーを形成するかを解明することを目

的とした。彼らは植物の維管束系、特に土壌から植物の他の部分に水と栄養素を運ぶ木部に焦点を合わせた。彼らは、栽培トマトでは、細菌が特定の木部血管に残って近くの組織に移動することなく残る野生植物とは異なり、細菌の胴枯れが植物のすべての部分に広がることを発見した。

この研究は、栽培トマトよりも感染の重症度は低いものの、野生のトマトが細菌の胴枯れになりやすいことを確認した最初の研究である。果実における重症度は、血管感染中の症状の重症度とは無関係の場合もあることが観察された。これは、コロニー形成には様々の組織でさまざまなメカニズムがあることを意味している。

結果の詳細は、以下のサイトをご覧ください。 [Bacteriology](#) と [Cornell CALS](#)

---

### トウモロコシ中の酸化防止剤含有量の改善

中国農業科学アカデミーの研究者は、トウモロコシのトコフェロール組成を改善して、人間と家畜の健康への有益性を最大化した。結果は *Transgenic Research* に掲載されている。

ビタミン E の一種である  $\alpha$ -トコフェロールは、最も効果的な抗酸化物質である。これは、トコフェロール生合成経路の最終段階で、 $\gamma$ -トコフェロールメチルトランスフェラーゼ ( $\gamma$ -TMT、VTE4) によって  $\gamma$ -トコフェロールから生成される。研究者らは、トウモロコシから  $\gamma$ -TMT の完全長コーディング配列 (ZmTMT という) を取得した。組換え ZmTMT を大腸菌で発現し、その精製タンパク質は *in vitro* で  $\gamma$ -トコフェロールを効果的に  $\alpha$ -トコフェロールに変換した。酵素活性を比較すると、ZmTMT の活性はダイズとヤシロイヌナズナの TMT の活性よりも高いことが示された。ZmTMT が過剰発現すると、 $\alpha$ -トコフェロール濃度は遺伝子組換えシロイヌナズナで 4 から 5 倍、遺伝子組換えトウモロコシ核で約 6.5 倍に増加し、 $\alpha$ -/ $\gamma$ -トコフェロール比はそれぞれ約 15 および 17 に増加した。

研究の結果に基づいて、トウモロコシのトコフェロール含有量を最適化することは実行可能であり、将来的に飼料業界で使用することができる。

研究報告は、以下のサイトをご覧ください。 [Transgenic Research](#)

---

### ゴールデンライスの安全性を研究で明示

ゴールデンライスで新たに発現したタンパク質はアレルゲンや毒素と類似しておらず、

食品としての安全性を示している。これは、*Nature Scientific Reports* に掲載された研究によるものである。これは、米国食品医薬品局、カナダ保健省、オーストラリアおよびニュージーランドの食品基準局、およびフィリピン農務省植物産業局の調査結果にも合致している。

遺伝子組換え作物の安全性に関する調査の一環として、挿入された遺伝子の構成、完全性、安定性の分析、および新たに発現したタンパク質の評価が不可欠である。したがって、国際稲研究所の研究者は、ゴールデンライスに導入された DNA の分子特性評価を実施した(イベント GR2E)。

結果は、ゲノム内の移行挿入 DNA は単一コピーであり、挿入場所も狙ったところのみでのその継承を確認した。ヌクレオチド配列解析に基づいて、DNA は変化なしで導入されていた。新たに発現したタンパク質、フィトエンシンターゼおよびカロチンデサチュラーゼの配列は、既知のアレルゲンまたは毒素の配列と類似するものはなかった。さらに、両方のタンパク質は、消化システムのシミュレートされた酸性環境で迅速に分解されたが、酵素活性は熱処理によって停止された。毒性試験でタンパク質全く悪影響がないことも示された。

これらの結果から GR2E に由来する食品は、安全である。

自由閲覧論文は、以下のサイトから入手できる。[\*Nature Scientific Reports\*](#)

---

### 単一の操作組換え体での遺伝子組換えタンパク質の濃度は、従来育種法でのスタック品種でのそれと同じ濃度である

University of Edinburgh の研究者である Alan Raybould 氏とそのチームは、スタッキングによって遺伝子組換えタンパク質の発現が大幅に増加しないかどうかを調べるために比較研究を実施した。これは、既存の暴露条件が許容レベル内であることを確認するために、殺虫性が積み重なった遺伝子組換え作物の生態学的リスク評価に不可欠である。

20 を超える研究内容を分析し、従来の交配方法で開発されたさまざまな組み合わせのスタック商業品種イベントの殺虫性タンパク質の発現プロファイルを比較した。結果は、分析されたテストの多くで従来の育種による組み合わせによる殺虫性タンパク質発現と有意な増加がなかったことを示した。タンパク質発現で観察される変動のほとんどは、遺伝的および環境的要因によって引き起こされる可能性がある。したがって、すべての遺伝子組換えタンパク質濃度はすべて、曝露に対応する非観察効果濃度 (NOEC) の間でその許容範囲内にあった。

この研究の結果は、単一イベントから生成されたタンパク質発現データと非標的効果試

験濃度を設定するためのこれまでの方法により、既存の NOEC の従来の生態学的リスク評価に合致するものであるとの結論を裏付けている。

詳しくは、以下のサイトをご覧ください。 [Transgenic Research](#)

---

## バイテク技術の組み合わせで開発されたウイルス耐性柑橘類

University of California とそのチームの科学者は、伝統的および最新のバイテク技術を組み合わせて、柑橘類に対するウイルス耐性の付与に成功した。結果は、*Transgenic Research* に報告されている。

柑橘類栽培者の問題の 1 つは、カンキツローシス (CPsV) である。柑橘類は、このウイルスに対する自然発生耐性を欠いているため、University of California とそのチームの科学者は、接ぎ木により柑橘類を組み立てた。即ち、非遺伝子組換えスイートオレンジを接ぎ穂、ウイルス外被タンパク質 (ihpCP) 由来のイントロンヘアピン (ihp) RNA を発現する CPsV 耐性遺伝子組換えスイートオレンジ系統を中間母本とし、台木としての非遺伝子組換え柑橘類を使った。結果は、ihpCP 転写物が移植片を介して中間母本から穂木に移動し、コートタンパク質 mRNA 標的のサイレンシングを引き起こすことを示した。さらなる分析により、中間母本での ihpCP の発現は、中間母本での CPsV に対する耐性、およびウイルス送達部位に応じて非遺伝子組換え接ぎ穂での異なるレベルの保護が行われることが示された。

詳しいことは、以下のサイトをご覧ください。 [Transgenic Research](#)

---

## 革新的育種

### 遺伝学読解記述力向上プロジェクト (Genetic Literacy Project、GLP) が世界的遺伝子編集規制追跡と索引付けに関するツールを公開した

遺伝学リテラシープロジェクト (遺伝学読解記述力向上プロジェクト) は、世界中の遺伝子編集および遺伝子編集規制を追跡および索引付けする 2 つの対話型ツールを開発し、規制がいかようにしてイノベーションを促進または阻害するかを明らかにするのに役立つようにした。

世界的ゲノム編集規制の追跡および検索化 (Global Gene Editing Regulation Tracker and Index) は、国ごとの農業、医学、遺伝子ドライブの分野における遺伝子編集規制を要約し、各国の規制スケジュールの概要を示し、どの製品と療法がパイプラインにある

かを示す。この追跡のもう 1 つの重要な機能は、遺伝子編集評論家の反応に関する情報と技術を生かそうとする科学者や公益団体への情報提供である。

GLP が Consumer Choice Center と共同で開発した世界的ゲノム編集規制の検索化 (Gene Editing Regulatory Index) は、追跡からの情報を国間でデータを比較するための定量化可能な索引にして、「追跡」との相補的或いは随伴的ツールとして機能するもので、どの国が規制に関してどれほど保守的であるかを示すために使用できる。

是非、以下の GLP サイトをご覧ください。 [Global Gene Editing Regulation Tracker and Index](#)

---

### イネのゲノム編集のためのシンプルで効率的なクローニングシステムが開発された

Hainan University と Huazhong Agricultural University の科学者は、イネにおける CRISPR-Cas9 を介したゲノム編集のためのシンプルのより効率的なクローニング方法を開発した。結果は、*PeerJ Life and Environment* で公開されている。

CRISPR-Cas9 のクローズド構築に使用される最も一般的な方法は、いくつかのステップのポリメラーゼ連鎖反応に基づいて、Gateway 反応または特定の IIS 型制限酵素および DNA ライゲーションを使用するなどの従来の手段に依存している。プロセスを容易にするために、sgRNA 発現カセットを単一のステップで植物バイナリーベクターに直接導入するために使用できるシステムを作成した。新しいシステムを使用すると、最適化されたマルチプレックス PCR によって 1 つの sgRNA 発現カセットが生成され、そこで重複 PCR が行われる。したがって、2 回の sgRNA 発現カセットが 1 回の PCR で増幅される。同時に、未精製の PCR 産物と一致するデスティネーションベクターとともに LR またはゴールデンゲート反応が行われた。これにより、わずか 36 時間でクローン化された表現型が構築される。システムの効率は、イネにおけるアグロバクテリウムを介した遺伝的形質転換によって確認された。

詳しくは、以下のサイトをご覧ください。 [PeerJ](#)

---