



## 遺伝子組換え作物の最新動向 2020年3月



### ニュース

- ウガンダの30万人の小規模農家に利益をもたらすバイテクで育種した疫病耐性ジャガイモ
- コムギの茎のさび病抵抗性遺伝子が10年来の遺伝的謎を解明した
- 待ちに待ったケニアでのBTワタが遂に商品化
- CRISPR ゲノム編集でイネや他の作物を改善
- 貧困と飢餓との闘いのための世界的な目標を達成するために必要ないろいろな試み
- 独自の植物ベースの技術を使用して開発されたCOVID-19の有効な生ワクチン
- ウガンダ大統領、GMO 法案に署名
- アラビドプシスプロテオームの最初の包括的なマップが利用可能になった
- UPENN が骨構築細胞を刺激するレタスを開発
- コロナウイルス;COVID -19 は、天然起源である

### 研究のハイライト

- GHABF2 の過剰発現により開発された早魃耐性ジャガイモ

### 植物育種分野の革新

- CRISPR-CAS9 をイネの生物的ストレス耐性向上に使用
- 植物ゲノム工学のための CRISPR-CAS12B システムが確立された
- CRISPR-CAS9 をマーカー遺伝子なしカロテノイド強化イネ開発に使用

## ニュース

### ウガンダの 30 万人の小規模農家に利益をもたらすバイテクで育種した疫病耐性ジャガイモ

ウガンダでは、「3R Victoria」と名付けられた新しいバイテクによる疫病耐性ジャガイモに取り組んでいる関係者は、その幅広い導入に自信を持っている。まだ開放利用されていないこのジャガイモは、ウガンダの 30 万人の小規模農家が、より低い生産コストと化学物質への曝露を少なくして、より高い収量を達成するのに役立つに違いない。関係者は、新しい品種が開放利用されると 40～50%の導入率になると推定している。

International Potato Center (CIP) と National Agricultural Research Organization (NARO) の科学者が 2015 年以降実施した研究によると 3R Victoria 品種は疫病に完全に耐性があり、ヒトが食べても環境にも安全であることが確認されている。

根茎、塊茎、バナナに関する CGIAR 研究プログラムのクラスターリーダーで、CIP の上級バイテク研究者である Marc Ghislain 博士は、「この疫病耐性ジャガイモの導入率が 40～50%と推定されていることは、農業者の要望が極めて強いことを表しており、様々の利益が生まれることを示している。」と述べている。

詳しくは、以下のサイトをご覧ください。 [CIP article](#)

---

### コムギの茎のさび病抵抗性遺伝子が10年来の遺伝的謎を解明した

研究者たちは、パンコムギが壊滅的な病気である茎のさび病にかかりやすくする謎に光を当てた。何十年もの間、研究者たちはコムギゲノムに茎のさび病に対する耐性を抑制しているものがあることを知っていた。現在、Sainsbury 研究所 (TSL) の研究者たちは、この抑制を引き起こしている根本的な遺伝的メカニズムを特定し、最新のゲノムツールを使用して、より強い免疫力を持つ作物の開発に対するためにこの頑固な障壁を取り除いている。

謎の中心にあるのは、3 つの異なるゲノム A、B、D で構成される悪名高い複雑なパンコムギのゲノムである。これらは、独立して進化してきた 3 つの異なる草種に由来している。1960 年代、カナダの研究者である Eric Kerber 氏は、D ゲノムが除去されると、植物がサビ病にかかりやすい状態から耐性に切り替わることを示した。20 年後のさらなる研究により、この現象の原因は、染色体 7D 上の単一遺伝子座の遺伝子がコムギのさび病に対する抵抗性を抑制していることが証明された。

TSL 研究では、研究者らは小麦植物にサビ病菌を接種し、抑制遺伝子を持たない一連

の変異体に対する反応を比較した。通常、小麦は茎のさび病に対応して、約 8,000 の遺伝子が発現する。TSL の試験では、変異体は約 2,200 の遺伝子で応答し、別の変異体は 55 の遺伝子で応答した。これらの突然変異植物は耐性があるが、親コムギは感受性がある。

研究の筆頭著者の一人である Matthew Moscou 博士は、病原体に応答する植物は良いことではあるが、それが耐性になるわけではないと説明している。まさに逆であり、応答している植物体は影響を受けやすい植物であり、応答していない植物体は耐性体である。

詳しくは、ニュースは、以下のサイトでご覧下さい。[The Sainsbury Laboratory](#) また論文は以下のサイトでご覧下さい。[Nature Communications](#)

---

## 待ちに待ったケニアでの BT ワタが遂に商品化

長年待った後、ケニアはついに国内の綿花栽培農業者に新しい夜明けを告げる Bt 綿の商業栽培を開始した。月曜日に、国は、ケニア西部の Alupe University で開催された歴史的な打ち上げで隔離圃場外の開放圃場に最初の Bt ワタを植えた。ケニアは、遺伝子組換え (GM) ワタを商業化するアフリカで 7 番目の国となった。

この栽培は、ケニアで完全な商業展開する前に少なくとも 4 万人の農業者を訓練するために 23 の地域での 1,000 のデモ農場で行う一連のものの中で最初である。この最新の商業展開は、2019 年 12 月 19 日に出された Bt ワタの営農に関する内閣府の承認に基づくものである。

ケニアの内閣府農業長官である Peter Munya 氏は、この事業の開始に当たって、2022 年までに商業用 Bt ワタ栽培で 20 万エーカー以上になることを政府が目標であり、バリューチェーンに沿ってケニアに 25,000 以上の雇用を創出することを明らかにしました。「これらの雇用の創出は、地元での栽培、衣服や衣料品の製造、加工、または取引のあらゆる分野にある。」と内閣府農業長官が述べた。

「農業者による Bt ワタの栽培は、工場やワタ加工産業への原材料の供給を保証し、それにより付加価値と価値連鎖への雇用創出をすることになる。」と付言した。

政府は、繊維およびアパレル産業を復活させ、2022 年までに国の GDP に対する製造部門の貢献を現在の 9.2% から 20% に増やすために、Bt ワタの商業化に投資している。これは、ケニアの経済発展の青写真「ビッグ 4」アジェンダを達成するための重要なステップである。バイオテク作物の商業栽培は、Bt ワタの導入は、最初のアプリケーションが作

成された 2001 年に始まったプロセスの頂点である。最初の遺伝子組換え作物の隔離圃場試験は 2004 年に始まり、2010 年に完了した。

2018 年 9 月、ISAAA AfriCenter は、ケニアの政策立案者や、さまざまな規制およびワタのバリューチェーン関係者や政府高官向けに、インドの Bt 綿プログラムの研修ツアーを開催した。ツアー中に、政策立案者は国内での GM 作物の成長を早めることを約束した。

Bt コットンは現在、世界の 15 か国で栽培されており、2400 万ヘクタールの面積がある。上位 3 つの Bt ワタ生産国は、インド(1160 万ヘクタール)、アメリカ(5.06 百万ヘクタール)、中国(2.93 百万ヘクタール)である。現在、ケニアは、南アフリカ、スーダン、エチオピア、マラウイ、ナイジェリア、eSwatini のアフリカの GM ワタ栽培国に入った最新の参加国である。

詳しくは、以下のサイトから Dr. Margaret Karembu と連絡を取って下さい。mkarembu@isaaa.org

---

## CRISPR ゲノム編集でイネや他の作物を改善

University of California Davis の科学者たちは、CRISPR 技術を使用して高レベルのベータカロチンを含むように遺伝子操作したイネを作成した。

「CRISPR を使用して、遺伝子 (gene) をゲノムの安全な領域、または宿主生物に悪影響を及ぼさないことがわかっている染色体領域に正確に狙い撃ちした。」と UC Davis Department of Plant Pathology 及び genome center の博士研究員である筆頭著者の Oliver Dong 氏は述べた。研究者たちは、従来の遺伝子工学で使用されているようなマーカー遺伝子を含まない非常に大きな DNA 断片を正確に挿入した。マーカー遺伝子は世代を超えて保持されているため、市場に導入される前に、遺伝子組換え製品に対する公衆の関心や厳しい規制を引き起こすことがよくある。Dong 氏によれば、マーカー遺伝子なしで標的を定めた挿入を行ったが、そのような大きな DNA 断片では挿入を行なえなかった。

これにより、高レベルのベータカロチンを持ち、耐病性や干ばつ耐性があるなど、複数の望ましい特性を制御する遺伝子がゲノム内の単一の位置に集まる可能性が開かれた。

詳細は、以下のサイトにある報道記事をご覧ください。 [Egghead](#)

---

## 貧困と飢餓との闘いのための世界的な目標を達成するために必要ないろいろな試み

国連食糧農業機関によると、2018年には、世界の慢性的に栄養不良の人々の数は、2017年の8億1,170万人から8億2,160万人に増加したと推定されている。2030年の持続可能な開発アジェンダと国連の栄養に関する10年間の行動計画では、すべての国とその関係者に対し、2030年までに飢餓と栄養不良をなくすために一丸となって取り組むよう求めている。

農業は主に伝統的なままであり、アフリカ諸国の大部分は、すべての世界の食糧援助の出荷の4分の1を占める食糧援助への高い依存を示している。この傾向を逆転させるには、アフリカの農業システムの現実と多様性を考慮しながら農業生産性を劇的に高める戦略的介入が必要である。

貧困と飢餓と闘うための世界的な目標を達成するには、複数の試みが必要である。2018年、遺伝子組換え作物は1億9,170万ヘクタールを占め、26か国(開発途上21か国と先進5か国)の約1,700万人の農業者が栽培しました。バイオテク作物の世界の面積は、1996年の170万ヘクタールから2018年には1億9,170万ヘクタールに増加した(約112倍の増加)。現代のバイオテクノロジーの責任ある安全な展開は、特にアフリカにおいて、貧困と飢餓を緩和する見通しを大幅に高めることができる。

貧困と飢餓と闘うための農業バイオテクの貢献に関する最新情報は、以下のサイトでご覧下さい。[ISAAA Pocket K No. 30](#)。来れんに加えて、以下のポケットKシリーズも以下のサイトもご覧ください。[Pocket K No. 11 - Contribution of GM Technology to the Livestock Sector](#) 及び [Pocket K No. 33 - Communicating Crop Biotechnology](#)

---

## 独自の植物ベースの技術を使用して開発された COVID-19 の有効な生ワクチン

カナダのバイオ医薬品会社 Medicago は、SARS-CoV-2 (COVID-19 疾患を引き起こすウイルス) 遺伝子配列を取得してから 20 日後に、コロナウイルスのウイルス様粒子 (VLP) の製造に成功したと発表した。Medicago は、独自の植物ベースのテクノロジーを使用して生ワクチン (VLP) を作成した。VLP の製造は、COVID-19 のワクチンを開発する最初のステップであり、安全性と有効性について前臨床試験が行われている。

Medicago は、植物ベースの技術を使用して VLP を迅速に生産することができた。これは、従来の卵ベースの生産システムに代わる独自の有望なものである。従来のワクチン製造では、大量の卵を使用する必要がある。この方法は費用がかかるだけでなく、時間がかかり、完全とはほど遠いものである。

Medicago は、生きているウイルスではなく、植物を使用する。その技術は、植物に取り

込まれる土壌細菌の *Agrobacterium* に遺伝子配列を挿入する。植物は、次にワクチンとして使用できるタンパク質を生産し始める。COVID-19 で予想されるように、ウイルスが変異し始めた場合、新しい植物を使用して生産を更新できる。

「それが私たちと卵ベースの方法の違いである」とし、Medicago の CEO、Bruce Clark 氏は、さらに次のように語った。「ウイルスを増殖させることなく、ワクチンや抗体の製造に直接取り掛かかれる。」植物と遺伝子組換え *Agrobacterium* を使用すると、卵よりも早く機能し、ワクチンを大規模に生産するものはるかに簡単になる。

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。 [news release](#) 及び Medicago については、以下をご覧ください。 [news update](#) また、Medicago 社については、以下のサイトもご覧ください。 [website](#)

---

## ウガンダ大統領、GMO 法案に署名

ウガンダの Yoweri Museveni 大統領は、国家バイオテクノロジーおよびバイオセーフティー法案に署名する準備ができていることを明言している。大統領は、与党の全国抵抗運動 (NRM) の党員集会に会議を招集し、法案の成立を遅らせた行き詰まりを解決するよう指示した。

国会議事堂での大統領投資円卓会議で演説したムセベニ大統領は、反科学的態度を抱いており、バイオテクノロジーに対する抵抗の口実として宗教を使用しているとして、法案に反対するグループを非難した。

「当初、彼ら (GMO 反対派) にはいくつかの正当な理由があったが、今は主張する時だと思う。今度は党員集会を呼び出し、これを解決する」と大統領は言った。大統領は科学革新を止めることはできないと述べ、科学に反対する人々は敗戦している。

この法案は、遺伝子工学規制法案とも呼ばれ、バイオテクノロジー、研究、開発、および遺伝子組換え生物 (GMO) の安全な開発と応用を促進する規制の枠組みを提供することを目的としている。2019 年 8 月、国家元首は 2 回目の法案への同意を拒否しましたが、代わりに議会が署名する前に議会が対処する必要がある新しい条項を導入しました。

ムセベニ大統領は、国の 4000 万人以上の人々に持続可能な食糧と栄養の安全を確保する上で、現代のバイオテクノロジーが果たす重要な役割を何度も強調した。

法案の成立により、ウガンダの農業者は、従来の作物に多くの荒廃をもたらしてきたさまざまな環境ストレスによる損失からそれらを緩和するバイテク作物にアクセスする機会を

与えられる。この動きは間違いなく、ケニアの農業者が座して、ケニア政府によって最近承認されたバイテクワタの栽培による恩恵を享受するのを見る必要があり、これがウガンダの農業者によって歓迎されることになる。

詳しい情報は、以下のサイトで Erustus Nsubuga 氏と連絡を取って下さい。

[nerostus@gmail.com](mailto:nerostus@gmail.com) また、アフリカのバイテク動向については、以下のサイトをご覧ください。[mkarembu@isaaa.org](mailto:mkarembu@isaaa.org)

---

## アラビドプシスプロテオームの最初の包括的なマップが利用可能になった

Technical University of Munich (TUM) の科学者が率いる国際的な研究チームが、モデル植物シロイヌナズナのプロテオームの最初の包括的なマップを作成した。チームは、これまで見つかったすべてのタンパク質の約 18,000 をマッピングした。

タンパク質は、すべての細胞の主要な分子プレーヤーです。それらは生体触媒であり、細胞内および細胞間でシグナルを伝達し、細胞の構造を形成し、さらに多くのことを行う。Julia Mergner 博士と Bernhard Kuster 教授のチームは、生化学的および分析的なハイスループットメソッドを使用してシロイヌナズナを調べ、その分子組成についてさらに詳しく調べた。チームは、植物の 27,000 遺伝子の 18,000 以上がタンパク質として存在することを発見した。調査では、それらが植物のどこにあるか、およびおおよその数量も特定された。

全てのデータがオンラインデータとして以下のサイトから入手できる。[ProteomicsDB](https://proteomicsdb.org/). そのほかの詳細は以下のサイトから入手できる。TUM news release

---

## UPENN が骨構築細胞を刺激するレタスを開発

University of Pennsylvania (UPENN) の歯学部の科学者のチームは、レタスで作られる経口投与で安定した薬物を合成するために動物性タンパク質を使用して骨形成細胞の成長を刺激し、骨再生を促進できるレタス植物を開発した。これは、注射剤を使用するのではなく薬を食べるという選択肢を持つことができる骨折および糖尿病患者の投薬ニーズに対処することができる。

科学者たちは、インスリン様成長因子 1 または IGF-1 と呼ばれるタンパク質の DNA をレタスのゲノムに挿入した。IGF-1 は、胃を通過して腸で吸収される動物性タンパク質である。このタンパク質は、骨の成長を促進し、骨折の治癒と歯の組織の再生を促進する細胞の数と寿命の増加を示すことが知られている。これは、骨折のリスクがある高齢者

や、IGF-1 レベルが低い糖尿病患者にとって特に重要である。糖尿病患者は一般の人々よりも骨折しやすく、治癒が遅いことが知られている。これに対処するための既存の治療法があるが、費用がかかり、注射の繰り返しのプロセスが必要なため、患者はしばしばそれらをやらないことが多い。

開発されたレタスは実験室で栽培され、その後、骨折した糖尿病のマウスに給餌する試験を行った。結果は、マウスの血流中の IGF-1 レベルが増加し、数時間その状態を維持したことを示している。さらにテストを行ったところ、マウスの骨折部位で骨の体積と密度が大幅に増加した。また、レタスの葉は凍結乾燥して粉末状に粉碎でき、ほぼ 3 年間保存可能であることも発見した。

この新たな開発は、骨折を伴う糖尿病患者にとっての選択肢ができたことになる。冷蔵する必要がある保存期間の短い反復的な注射剤を使用して治療を求める代わりに、室温で食べ、保存し、輸送できる植物ベースの溶液、この場合はレタスを製造することが可能である。また、栽培できるため、医薬品の再生可能な資源として成り立つ。

この研究結果は、以下のサイトにある。 [Biomaterials](#)

---

## コロナウイルス; COVID -19 は、天然起源である

2019 年 12 月に中国の武漢市で出現し、COVID-19 の世界的流行を引き起こし、170 の国と地域に広がった新しい SARS-CoV-2 コロナウイルスは、自然界の進化の産物であり、自然医学における米国、英国、オーストラリアの科学者。SARS-CoV-2 および関連ウイルスからのパブリックゲノムシーケンスデータの分析では、ウイルスが実験室で作成されたか、またはその他の方法で設計されたという証拠は見つからなかった。

流行が始まって間もなく、中国の科学者たちは SARS-CoV-2 のゲノム配列を決定し、世界中の研究者がデータを利用できるようにした。シーケンスデータは、COVID-19 症例の数が、ヒト集団への単一の導入後にヒトからヒトへの感染のために増加したことを示した。次に、科学者は、人間や動物の細胞の外壁をつかんで侵入するために使用するウイルス外殻構造であるスパイクタンパク質の遺伝子鋳型を分析した。彼らは、スパイクタンパク質の 2 つの重要な機能、受容体結合ドメイン (RBD)、宿主細胞をつかむ一種の引っ掛かりフック、およびウイルスが開裂して宿主に侵入することを可能にする分子缶切り切断部位を調べた。

科学者たちは、SARS-CoV-2 スパイクタンパク質の RBD 部分が進化して、血圧の調節に関与する受容体である ACE2 と呼ばれるヒト細胞の外側の分子機能を効果的に標的とすることを発見した。SARS-CoV-2 スパイクタンパク質は、ヒト細胞への結合に非常に効果的であり、実際、科学者はそれが自然選択の結果であり、遺伝子工学の産物では



ないと結論付けた。

コロナウイルスは、広範囲にわたる重症度の疾患を引き起こす可能性のあるウイルスの大きなファミリーである。コロナウイルスによって引き起こされた最初の既知の重篤な疾患は、2003年の中国の重症急性呼吸器症候群(SARS)の流行で発生した。重度の病気の2番目の発生は、中東呼吸器症候群(MERS)を伴うサウジアラビアで2012年に始まった。Johns Hopkins コロナウイルスリソースセンターは、2020年3月25日の時点でCOVID-19が422,989例報告されており、18,916人が死亡、108,578人が回復している。

詳しくは、以下のサイトのニュースをご覧ください。[Scripps Research](#)

---

## 研究のハイライト

### GHABF2の過剰発現により開発された早魃耐性ジャガイモ

中国 Gansu 省農業科学アカデミーバイオテクノロジー研究所の研究者は、転写因子 GhABF2 を使用して、遺伝子操作された早魃耐性ジャガイモの開発に成功した。その結果は *Journal of Agricultural Science and Technology* に報告されている。

転写因子 GhABF2 は、シロイヌナズナに見られる転写活性化因子に類似しており、早魃ストレスに対する植物の耐性を高める。研究者たちは *Agrobacterium tumefaciens* の形質転換技術を使用して、GhABF2 遺伝子をジャガイモの苗木に移入した。高い GhABF2 発現を持つ合計 8 つのトランスジェニック系統が得られた。これらの系統は、それらの生理学的生化学的指標と早魃条件下での成長特性の観点から分析された。

調査結果は、遺伝子組換え植物のバイオマス、クロロフィル含有量、可溶性糖分含有量、プロリン含有量、スーパーオキシドジスムターゼおよびペルオキシダーゼ活性が、早魃ストレス下の対照のものよりも有意に高いことを示した。これらの調査結果は、GhABF2 の過剰発現による早魃耐性の向上を示している。

結果は、早魃耐性のジャガイモ品種の開発に不可欠な遺伝資源を提供する。

*Journal of Agricultural Science and Technology* に収載結果の要旨は、以下のサイトをご覧ください。[CAB Direct](#)

---

## 植物育種分野の革新

### CRISPR-CAS9 をイネの生物的ストレス耐性向上に使用

中国科学院の研究者たちは、イネ PARAQUAT TOLERANCE 3 が失われると、非生物学的ストレスへの耐性が向上し、穀物の収量が増えると報告した。その調査結果は、Cold Spring Harbor Laboratory の「[bioRxiv](#)」に掲載されている。

植物は、環境ストレスに対処するための巧妙、しかも効率的なメカニズムを進化させてきた。成長への反応とストレス反応のバランスをとるために、植物にはストレスレベルが低いときに活性化されたストレス反応をオフにする効率的なメカニズムがある。以前の研究でそのようなオフスイッチメカニズムがシロイヌナズナ PARAQUAT TOLERANCE 3 (PQT3) によって付与されることが明らかになっている。これをノックアウトすると、非生物学的ストレスに対する耐性が向上する。イネ相同 OsPQT3 が機能的に保存されているかどうかを確認するために、CRISPR-Cas9 を使用して 3 つのノックアウト変異体を生成した。

結果は、OsPQT3 ノックアウト変異体 (*ospqt3*) が酸化ストレスと塩ストレスに対する耐性の向上したことを示した。さらに、変異体は、塩ストレス下の野生型と比較して、温室および野外条件での収量が向上し、より優れた農業特性を示した。

結果に基づいて、PQT3 遺伝子座をゲノム編集技術でストレス耐性を改善する作物改良の可能性が示された。

詳しくは、以下のサイトをご覧ください。 [bioRxiv](#)

---

## 植物ゲノム工学のための CRISPR-CAS12B システムが確立された

CRISPR を知っている学者は、CRISPR-Cas9 について考えているが、University of Maryland の Yiping Qi 氏とその共同研究は、病気、害虫、および気候変動の影響との戦いをするために、さまざまな作物に対しより効果的、効率的、洗練された新しい CRISPR ツールを常に模索してきた。Qi 氏とその共同研究は、植物システム用の新しい CRISPR ゲノムエンジニアリングシステム: 多目的でカスタマイズ可能な CRISPR-Cas12b が効果的なゲノム編集、活性化、抑制をすべて 1 つのシステムで提供できる系を確立した。

Qi 氏は、これは編集だけでなく遺伝子の抑制と活性化の開発にも焦点を当てた植物ゲノム工学のための CRISPR-Cas12b システムの最初のデモンストレーションであると述べました。この方法のような完全なものは、CRISPR-Cas9 や CRISPR-Cas12a などの CRISPR システムにはない。

CRISPR-Cas12b は CRISPR-Cas12a に似ているが、植物に遺伝子活性化を提供する

強力な能力はなかった。CRISPR-Cas12b は、遺伝子活性化の効率を高め、遺伝子抑制のためのより広いターゲティングサイトの可能性を提供し、特性の遺伝子発現をオン/オフまたはオフ/ダウンする必要がある場合に役に立つ。この能力は、特に遺伝子の活性化が目標である場合に、CRISPR-Cas12b は CRISPR-Cas12a よりも優位性があり、しかも CRISPR-Cas12a が望み通りのカットと遺伝子制御を行うなどの幅広い応用が可能である。実際、Qi 氏は、CRISPR-Cas12b システムを再利用して多重ゲノム編集を行うことや単一のステップで複数の遺伝子を同時にターゲットにすることもできた。

詳しくは、以下のサイトにあるニュースをご覧ください。 [University of Maryland website](#)

---

### CRISPR-CAS9 をマーカー遺伝子なしカロテノイド強化イネ開発に使用

University of California の研究者は、イネのゲノムの 2 つの部位にカロテノイド生合成カセットをマーカーなしで挿入するための CRISPR-Cas9 の使用を報告した。その発見は *Nature Communications* で閲覧できる。

植物ゲノムの選択された場所への標的挿入の挿入は、従来の方法を使用したランダム挿入の代わりに植物改善における好ましい選択肢である。これまでの植物における標的遺伝子挿入のほとんどの場合は、比較的小さな DNA フラグメントを低頻度で発生した挿入カセット内の選択可能なマーカー遺伝子の存在に依存していた。そこで、この研究者らは、最適化された CRISPR-Cas9 を使用して大きなカセットを挿入し、植物の物理的特性や収量に影響を与えることなく、マーカー遺伝子を使わないでイネのカロテノイド含有量を増やした。

全ゲノムシーケンスにより、Cas9 による遺伝子操作された植物のオフターゲット変異がないことが明らかになった。したがって、この研究は、ゲノム編集を使用した、イネへのマーカーフリー DNA の標的遺伝子挿入の可能性についての証拠付けを行ったことになる。これは、イネや他の作物を遺伝的に改善する手段となるものである。

研究論文は、以下のサイトをご覧ください。 [Nature](#)

---