

厚生労働科学研究費補助金（食品の安全確保推進研究事業）
「次世代バイオテクノロジー技術応用食品等の安全性確保に関する研究」
分担研究報告書

**統合型遺伝子組換え食品データベース作成・次世代遺伝子組換え技術を用いた作物と
非食用組換え作物の検知技術の開発**

| | | |
|-------|------|--|
| 研究分担者 | 吉松嘉代 | 医薬基盤研究所 薬用植物資源研究センター 筑波研究部 育種生理研究室長 |
| 研究協力者 | 河野徳昭 | 医薬基盤研究所 薬用植物資源研究センター 筑波研究部 主任研究員 |
| 研究協力者 | 島田浩章 | 東京理科大学基礎工学部生物工学科 教授 |
| 研究協力者 | 草野博彰 | 東京理科大学基礎工学部生物工学科 助教 |

研究要旨

遺伝子組換え（GM）植物のうち、薬用 GM 植物、環境浄化用 GM 植物及び食用作物を用いた産業用 GM 植物に関する情報を収集し、また、新規植物育種法（NBT：New Breeding Techniques）の開発状況を調査した。得られた情報を分類するカテゴリーとして、機能性食品、経口ワクチン、食用医薬、ワクチン抗原、抗体医薬、治療薬、診断薬・試薬、環境浄化、産業用及び NBT の 10 種類を設定した。国内の状況について調査した結果、24 件の情報が得られ、その内訳は、機能性食品：7 件（1 件は治療薬と重複）、経口ワクチン：1 件、食用医薬：3 件、ワクチン抗原：0 件、抗体医薬：1 件、治療薬：4 件（1 件は機能性食品と重複）、診断薬・試薬：0 件、環境浄化：1 件、産業用（バイオ燃料）：1 件、NBT：7 件であった。また、SciFinder®により、キーワード「transgenic plant」で 2013 年に公表・出版された論文等を調査した結果、83 件が得られ、その内訳は、機能性食品：27 件（香料に関する 10 件を含む）、経口ワクチン：4 件、食用医薬：3 件、ワクチン抗原：3 件、抗体医薬：7 件、治療薬：19 件（5 件は他の項目と重複）、診断薬・試薬：3 件（2 件は他の項目と重複）、環境浄化：14 件（1 件は治療薬と重複）、産業用：0 件、NBT：9 件（4 件は他の項目と重複）であり、国別の件数は、中国：30 件が最も多かった。

NBT は急速な発展の途上にある技術である。そこで、本分野の技術潮流を把握するため、NBT の植物への応用例について文献調査を行った。とくに、遺伝子工学的手法による従来の遺伝子組換え法の代替法となると考えられる、ZFN、TALEN、CRISPR の 3 手法を対象を絞った調査では、TALEN 及び、CRISPR が積極的に植物へ利用されている実態が明らかになった。また、今年度は TALEN 応用モデル植物の構築を開始する方針を固め、ホストとする予定であるマーカー遺伝子導入組換えイネを候補のひとつとして準備した。今後、標的コンストラクトのコピー数の解析等を行い、TALEN によりマーカー遺伝子の破壊等を計画している。

A. 研究目的

遺伝子組換え生物 (genetically modified organism, GMO) は、植物分野においては、経口ワクチン等の医薬品生産(薬用 GM 植物) や土壌浄化等(環境浄化用 GM 植物)の目的への利用が年々増加している。これらの新 GMO は、従来の除草剤耐性の食用植物などの GM 植物とは異なり、基本的に非食用であることから、フードチェーンへの混入は健康被害等の重大な問題を引き起こす可能性が高い。また、近年、植物の分子育種技術は長足の進化を遂げており、いわゆる New Plant Breeding Techniques (NBT)に含まれる育種技術のなかには、標的とする遺伝子領域に正確に目的遺伝子を導入可能なものや、標的とする遺伝子領域のみを正確に破壊するような技術が開発されている。

そこで本研究では、薬用 GM 植物、環境浄化 GM 植物、食用作物を用いた工業用 GM 植物及び新規植物育種法 (NBT: New Breeding Techniques) の開発状況・生産実態に関する情報を収集して整理し、食品の安全性確保のための基盤情報を整備する。

また、これらの非食用 GM 植物ならびに NBT 応用植物の食品中への混入を防止するための安全性確保に有用な検知技術の確立を行うことを目的とする。

これまでに、厚生労働省による安全性審査の手続きを経た遺伝子組換え食品等のうち、遺伝子組換えトウモロコシ、大豆、じゃがいも等については検査法が公定法として存在するが、中国産の未承認組換えイネの混入事例のように、今後は未承認または NBT 応用生物を含む未知の組換え、または遺伝子編集技術適用作物の市場への混入がより深刻な問題となり得る。薬用植物資源を生産・管理する立場にある医薬基盤研究所薬用植物資源研究センターにおいて、そのような事態に対処可能な検知システムを開発し、未知の危険性に備える意義は危機管理の面からも非常に大きい。

本研究では、NBT を用いた作物と非食用組換え作物の食品中への混入を防止するための安全性確保に有用な検知技術の確立を行う。遺伝子組換え食品の安全性確保に関する研究は既に行われているが、NBT による改変の場合は、ゲノム中に組換えの痕跡が残らない、または残っても非常にわずかなものであるため、それらを在来の PCR 法で検知することは困難と考えられる。本研究においてはそのような検出の困難な組換え体を検知のターゲットとし、次世代型シーケンサー等を活用した新規検知法の開発に取り組む点が独創的である。

B. 研究方法

1. GM 植物及び NBT 開発状況の調査

GM 植物のうち、人あるいは牛、豚、鶏等の家畜や動物の健康に影響を与える成分を生産する植物を薬用 GM 植物の範囲、土壌、水源、大気中の有害物質を高蓄積する GM 植物を環境浄化用 GM 植物の範囲、生分解性プラスチック、バイオ燃料等の工業用途の物質を生産する GM 植物を工業用 GM 植物の範囲(但し、食用作物のみ)とした。これら GM 植物及び NBT(図 1)に関する情報を文献データベース (Scifinder®、検索語「transgenic plant」)、インターネット (Google)、関連学会講演要旨集、雑誌等を用いて調査した。得られた情報は、カテゴリー別に整理し、それぞれの一覧表を作成した。機能性食品、経口ワクチン、食用医薬、ワクチン抗原、抗体医薬、治療薬、診断薬・試薬、環境浄化、産業用及び NBT の 10 種類を設定した。

2. NBT ゲノム編集技術の概要

研究方法について述べる上で基礎的な情報として、NBT ゲノム編集技術(図 1)の概要、特に、ZFN、TALEN 及び CRISPR の概要を以下にまとめた。

ZFN (Zinc Finger Nuclease)

ZFN は、DNA に結合する部位である 3 個から 6 個の zinc(Zn) finger と、制限酵素 *FokI* の DNA 切断ドメインからなる融合酵素であり、標的 DNA 配列に結合し、*FokI* が二量体を形成して 2 本鎖 DNA を切断する。ここで切断された二本鎖 DNA が相同組換えまたは非相同末端連結により修復される際に変異が導入される。ZFN は標的部認識の特異性が高いが、zinc finger の部分が(GNN)_n で構成される配列を認識する傾向があるため、標的遺伝子配列の自由度が小さい。

TALEN

Transcription activator-like effector nucleases (TALENs)は、植物病原細菌 *Xanthomonas* が持つ転写因子の DNA 結合ドメインと制限酵素 *FokI* の DNA 切断ドメインの融合酵素であり、標的塩基配列を認識するタンパク質のモジュールにより標的配列に結合し、二量体を形成して二本鎖 DNA を切断し、切断部位が相同組換えまたは非相同末端連結により修復される際に変異が導入される。

ZFN(Zinc Finger Nuclease)と比較して標的塩基配列の自由度が高く、CRISPR と比較して、オフターゲット(off-target:標的部以外への意図しない変異の導入)が少ないとされるが、塩基を認識するタンパク質ユニットを設計し、コンストラクトを構築する必要がある。

CRISPR/Cas9 (CRISPR)

現在のところ、NBT とされるものの中では最新の技術である。CRISPR (Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats)/Cas (CRISPR Associated)は、細菌や古細菌における獲得免疫の機構を利用したものであり、標的配列と相補的なガイド RNA(gRNA)に誘導され、Cas9ヌクレアーゼが標的配列を特異的に認識し、切断する。

標的塩基配列に対する相補的な塩基配列 (guide RNA)を破壊に用いるので TALEN よりも簡便標的を認識する部位が標的部の一か

所のみであるため、TALEN と比較して、off-target 活性が高いとされる。

3. NBT 応用状況の文献調査

NBT はいずれも急速な発展途上にある技術であり、検知法の開発と技術の開発、改良が並行して進む状況である。そこで、NBT の植物への応用例について文献調査を行い、急速に革新が進む本分野の技術潮流を把握するため、文献調査を行った、今回、NBT と称されるもののなかでも、遺伝子工学的手法を用い従来の遺伝子組換え法の代替法となると考えられる、ZFN、TALEN、CRISPR の 3 手法に対象を絞った。

NCBI PUBMED (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>)で ZFN については、ZFN、zinc finger、plant、TALEN については、TALEN(s)、TAL effector、plant、そして CRIPR については CRISPR、cas9、plant、arabidopsis、nicotiana、をキーワードとして検索を行った。

検索結果から、まず、植物を対象として遺伝子編集を行った論文を抽出し、リスト化した。

次に、残る検索結果から、植物以外を対象としたものなどを除き、NBT 各技術に関する基礎科学的な知見を記した論文や、総説等を合わせてリスト化した。また、上記の 2 リストについて、発表年別に集計し、グラフ化した。

4. NBT 応用モデル植物の作製基盤整備

NBT を植物へ応用し、モデルを作製することにより、今後の NBT 応用植物の検知法等の開発の基盤整備を行うため、下記の 2 つのアプローチ手法を計画した。

ケース 1. NBT 応用植物 (モデル) を作成する

step 1. NBT を適用する植物を作成・入手する

step 2. マーカー遺伝子を NBT により破壊する

step 3. 作成した NBT 応用植物を解析に利用する

ケース 2. NBT 応用植物を入手し、解析する

step 1. NBT 応用植物を入手する

step 2. 入手した NBT 応用植物を解析に利用する

まず、上記のケース 1を実施するため、表現形質で NBT による遺伝子変異の導入の確認を容易にするため、マーカー遺伝子を従来法の遺伝子導入法で導入した組換え体イネを作出または入手する。同時に、TALEN 技術の習得を進め、同技術を用いて、作出または入手したマーカー遺伝子（たとえば β -glucuronidase : GUS）を発現するイネ組換え体を材料として、マーカー遺伝子を破壊するモデル実験を行う。

ケース 2の実施については、TALEN の技術を適用したイネ遺伝子変異体のうち、TALEN のコンストラクトが残存し機能するものを入手し、これを用いてカルス培養時に TALEN により生じる遺伝子変異の各種性状について情報の収集を行う。現在、被譲渡可能な TALEN 応用植物について、国内の NBT の関連研究者らと情報交換、調整を進めているところである。

C. 研究結果

1. GM 植物及び NBT 開発状況の調査

国内の状況について、第 31 回日本植物細胞分子生物学会（札幌）大会・シンポジウム講演要旨集で調査した結果、24 件の情報が得られ、その内訳は、機能性食品：7 件（1 件は治療薬と重複）、経口ワクチン：1 件、食用医薬：3 件、ワクチン抗原：0 件、抗体医薬：1 件、治療薬：4 件（1 件は機能性食品と重複）、診断薬・試薬：0 件、環境浄化：1 件、産業用（バイオ燃料）：1 件、NBT：7 件であり、日本において NBT に関連した研究・開発が増えていることが判明した（表 1-3）。

また、SciFinder®により、キーワード「transgenic plant」で 2013 年に公表・出版

された論文等を調査した結果、83 件が得られ、その内訳は、機能性食品：27 件（香料に関する 10 件を含む）、経口ワクチン：4 件、食用医薬：3 件、ワクチン抗原：3 件、抗体医薬：7 件、治療薬：19 件（5 件は他の項目と重複）、診断薬・試薬：3 件（2 件は他の項目と重複）、環境浄化：14 件（1 件は治療薬と重複）、産業用：0 件、NBT：9 件（4 件は他の項目と重複）であり、特に機能性食品、治療薬及び環境浄化の件数が多かった。また、2013 年の国別の件数は、中国：30 件が最も多かった（表 4-10）。

2. NBT 応用状況の文献調査

NCBI PUBMED (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>)で各 NBT について検索し、検索結果について、基礎技術に関する論文や総説を除き、植物に NBT を適用した論文のみを抽出した（表 11-13）。その他の基礎技術に関する論文や総説については、表 14-16 にまとめた。また、年度別の論文数推移について、全体の総数の推移と、植物への実施数のそれぞれをグラフ化した（図 2、図 3）。

これらの NBT 適用植物リストおよびグラフから、伺える NBT の利用動向は下記のとおりである。（論文数は 2014 年 3 月 5 日現在のもの。）

ZFN の植物への応用について、キーワード：ZFN、zinc finger nuclease、plant で検索したところ、適用植物：シロイヌナズナ、タバコ、トウモロコシ、大豆の 4 種、12 報の報告が認められた。ZFN の適用範囲はモデル植物が中心であり、応用例はマメ科にとどまっている。

TALEN の植物への応用について、キーワード：TALEN(s)、TAL effector、plant で検索したところ、シロイヌナズナ、イネ、タバコ（*N. tabacum*）、トウモロコシ、*Brassica oleracea*（アブラナ科）、*Brachypodium*（イネ科、セルロースバイオマス増産研究のモデル植物として期待される）、大麦の 7 種、11 報の報告が認められた。TALEN は 2010 年からモデル植

物をはじめ、実用作物である穀類へと広く適用されている。

CRISPR/Cas の植物への応用について、キーワード：CRISPR, cas9, plant, arabidopsis, nicotiana、で検索したところ、シロイヌナズナ、イネ、タバコ(*N. tabacum*)、*Nicotiana benthamiana*、小麦、ソルガム、トウモロコシ、ゼニゴケの 8 種、14 報の報告が認められた。CRISPR の植物への応用は 2013 年に Nature Biotechnology に 3 報が同時に報告されたのを皮切りに、論文数が急速に増加しており、短期間に 8 種(ゼニゴケを含む)の植物に適用されていることは注目すべき点である。

研究が実施された国別でみると、NBT 研究に注力しているミネソタ大の Voytas らのグループが活動する米国の報告数が多く、中国、とくに Chinese Academy of Sciences からの報告数が多い。今後、中国の動向については注意して見守る必要があると考えられる。

上記の適用例数は、ZFN は標的部位の設計に塩基配列の制限がある、TALEN は標的部位の配列の自由度は高いがタンパク質で塩基配列を認識するためコンストラクトの設計が煩雑、CRISPR は標的部位の自由度が高く、標的部位に相補的な塩基配列(guide DNA, gRNA)の設計のみが必要とされるといった各 NBT の技術的特徴、とくに、いかに簡便であるかをよく反映していると考えられ、技術的に簡便な CRISPR が急速に適用例を増やしている実態が明らかになった。

ただし、現在のところ、CRISPR は TALEN と比較して特異的認識部位(標的配列)が一か所であるため、off-target 活性が高いとされ、TALEN と CRISPR のどちらが優れているかは、操作の簡便さのみではなく、標的配列特異性などを詳細に検討する必要があると考えられる。

3. (ケース1) NBT モデル植物作出のための基盤整備

NBT 文献調査の結果等をふまえ、本研究においては、まず TALEN を利用した遺伝子編集を実際に試行することとした。

NBT を適用したモデル植物を作成する上で、ホストとなる植物は、NBT による遺伝子破壊・変異の効果が目視等簡便な方法で確認できるように GUS 等のマーカー遺伝子を有していることが望ましい。

そこで、今年度は本研究の研究協力者である、東京理科大学基礎工学部生物工学科 島田浩章教授より、同教授らの作出した、GUS 遺伝子に OsMacI 遺伝子の 5'非翻訳領域を付加した、-glucuronidase (GUS)タンパク質を高効率に発現する UTRc::GUS rice (Ref.1)の種子の譲渡を受けた。

UTRc::GUS rice に導入されているマーカー遺伝子(GUS)の発現コンストラクト(図4)を構成する遺伝子群は下記のとおりである。

- ・イネ (*Oryza sativa*)由来 UTRc (OsMacI 遺伝子 5' 非翻訳領域)
- ・カリフラワーモザイクウイルス(CaMV)由来 35S プロモーター(35S-Pro)
- ・アグロバクテリウム (*Rhizobium radiobacter*)由来ノパリン合成酵素遺伝子プロモーター(NOS-Pro)
- ・アグロバクテリウム (*Rhizobium radiobacter*)由来ノパリン合成酵素遺伝子ターミネーター(NOS-ter)
- ・大腸菌(*E. coli*)由来ハイグロマイシン耐性遺伝子 (HPT)
- ・大腸菌(*E. coli*)由来カナマイシン耐性遺伝子 (NPT II)
- ・アグロバクテリウム (*Rhizobium radiobacter*)由来 T-DNA 境界配列(LB, RB)

今後、UTRc::GUS rice をホストとして、本コンストラクト中の GUS 遺伝子を標的として TALEN のモジュールを設計し、二本鎖切断による変異導入の形態及び効率等の解析を計画している。

なお、この遺伝子組換え体は導入コンストラクトのコピー数が確定していない。TALEN 導

入のためのホストとしては、標的のコンストラクトは 1 コピーであることが望ましいため、realtime-PCR 法等でコピー数の確認ののち、TALEN 応用モデル植物構築に使用する予定である。

4. (ケース2)TALEN 応用植物の導入についての検討

上記の UTRc::GUS rice に加え、本研究においては、農業生物資源研究所農業生物先端ゲノム研究センターゲノム機能改変研究ユニット土岐精一ユニット長より、TALEN を適用し、WAXY 遺伝子(イントロン)に変異を導入したイネ TALEN コンストラクトを有する組換え体について譲渡を受けることも検討している。

本組換え体については TALEN コンストラクトがゲノムに挿入されているため、カルスで培養を行った際の、培養期間、培養条件に応じた二本鎖切断(Double Strand Break, DSB)の発生形態、頻度の解析に用いることができる見込みである。

5. TALEN コンストラクト構築技術の習得

TALEN の技術習得のため、2014 年 3 月 26 日~28 日に広島大学で開催される「ゲノム編集コンソーシアム」(主宰:広島大学理学研究科数理分子生命理学専攻分子遺伝学研究室山本卓教授)主催の第 7 回人工ヌクレアーゼ作製講習会(Platinum TALEN の作製)に参加する予定である。

D. 考察

国内の GM 植物及び NBT 研究・開発状況について調査した結果、24 件の情報が得られ、そのうち、機能的食品:7 件、NBT:7 件であり、日本において NBT に関連した研究・開発が増えていることが判明した。また、SciFinder®により、キーワード「transgenic plant」で調査した結果、83 件が得られ、そのうち、機能的食品:27 件、治療薬:19 件、環

境浄化:14 件が多かったが、NBT:9 件であり、本キーワードでは NBT に関する情報の取得が難しいことが伺えた。

そこで今年度は、NBT ゲノム編集に着目し、その植物分野への応用の状況について論文の調査を行ったところ、同技術が積極的に植物へ利用されはじめている実態が明らかになった。特に TALEN 及び CRISPR の植物への使用が急速に進んでいることが判明し、本研究においては両技術の動向を注視すべきと考えられる。

遺伝子編集技術分野の技術革新は急速に進んでおり、今後、いずれの技術が主流となるのか、現在のところ未知である。また、今後出現するであろう新技術についても注意深く情報収集を続ける必要があると考えられる。

本研究においては、NBT ゲノム編集技術を利用して作出された組換え体をモデルとして入手または、作出することにより、検知法開発等に関する種々のモデル実験系の構築が可能になり、組換え植物の食品への混入検知法の開発等、厚生労働行政に貢献する研究成果が挙げられると考えられる。

E. 結論

GM 植物及び NBT 研究・開発状況について調査した結果、国内では NBT に関する研究が徐々に増えている実態が明らかになった。今年度は、TALEN や CRISPR/Cas9 といった NBT のうちゲノム編集技術の植物分野への応用の状況について論文の調査を行い、特に TALEN と CRISPR が積極的に植物へ利用されている実態が明らかになった。なかでも、CRISPR の植物への利用の急伸は特筆に値する。

また、今年度は TALEN 応用モデル植物の構築から試行を開始する方針を固め、ホストとする予定であるマーカー遺伝子導入組換え体 UTRc::GUS rice を候補のひとつとして準備した。今後、標的コンストラクトのコピー数の解析等を行い、TALEN によりマーカー遺伝子の破壊等を試み、遺伝子の破壊形態等の解析に用

いる予定である。

F. 文献

Ref. 1) A long 5'UTR of the rice OsMac1 mRNA enabling the sufficient translation of the downstream ORF. Teramura, H., Enomoto, Y., Aoki, H., Sasaki, T., and Shimada, H. Plant Biotechnology 29, 43-49 (2012) DOI: 10.5511/plantbiotechnology.11.1209a

G. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

なし

H. 知的財産権の出願・登録状況

なし

【資料】

EUがNBTとして取り上げ、その技術開発の現状や今後の動向、規制のための考え方をまとめているもの [New plant breeding techniques: State-of-the-art and prospects for commercial development, the European Commission’s Joint Research Center (JRC)–Institute for Prospective Technological Studies (IPTS) and JRC–Institute for Health and Consumer Prospection (IHCP), 2011年]

- ① Zinc finger nuclease technology (ZFNs) ゲノム編集(人工ヌクレアーゼによる塩基配列の改変)
- ② Oligonucleotide directed mutagenesis (ODM) ゲノム編集による新塩基配列の挿入
- ③ Cisgenesis & Intragenesis 同種・遺伝子交換可能種由来遺伝子のみ挿入
Cisgenesis プロモーター・ターミネーター等も同じ
Intragenesis プロモーター・ターミネーター等を変更
- ④ RNA-dependent DNA methylation (RdDM) エピゲノム編集(DNAのメチル化状態のみの変化)
- ⑤ Grafting on GM rootstock 組換え体を用いた接ぎ木
- ⑥ Reverse Breeding 育種途中で組換え遺伝子を挿入、しかし育成した品種中には組換え遺伝子がない
- ⑦ Agro-infiltration (agro-infiltration “sensu stricto”, agro-inoculation, floral dip)
agro-infiltration “sensu stricto” 体細胞組織で局所的に非増殖性核酸を導入
agro-inoculation 体細胞組織にウイルス等を導入
floral dip 花芽組織にAgrobacteriumを接種し、次世代で組換え体を選抜
- ⑧ Synthetic Genomics 人工染色体

米国: NBTを用いて開発された植物品種の一部については、個別事例ごとではあるが、遺伝子組換え生物としての規制を適用しないことを既に決定

図 1. New Plant Breeding Techniques (NBT)

表 1. 国内での NBT 研究・開発状況

| NBTの種類 | 作物 | 演題 | 研究・開発機関 |
|--------|---------|---|--|
| NBT① | シロイヌナズナ | 安本周平, 關光, 福島エリオデット, 佐久間哲史, 山本卓, 村中俊哉: 植物テルペノイド代謝工学への人工ヌクレアーゼTALENの利用, 第31回日本植物細胞分子生物学会(札幌)大会・シンポジウム講演要旨集1Ap-04, p.96, 2013年9月. | 日本・阪大院・工・生命先端, 広大院・理 |
| NBT⑦-2 | タバコ | 福澤徳穂, 一町田紀子, 増田税, 松村健: Cucumber mosaic virus (CMV) ベクターを基としたアグロインフュージョンシステムの開発, 第31回日本植物細胞分子生物学会(札幌)大会・シンポジウム講演要旨集2Aa-09, p.199, 2013年9月. | 日本・産総研・生物プロセス, 北大院農 |
| NBT⑦-2 | タバコ | 谷内田藍, 志村華子, 増田税: ロベリアにおけるアントシアニン合成経路のVIGS制御, 第31回日本植物細胞分子生物学会(札幌)大会・シンポジウム講演要旨集P-31, p.273, 2013年9月. | 日本・北大院農 |
| NBT⑥ | イネ | 小沢憲二郎, 川東弘幸, 若佐雄也, 高岩文雄: アグロバクテリウム法を用いたイネ相組換え系のさらなる効率化, 第31回日本植物細胞分子生物学会(札幌)大会・シンポジウム講演要旨集P-57, p.299, 2013年9月. | 日本・農生研 |
| NBT⑥ | イネ | 雑賀啓明, 森明子, 遠藤真咲, 刑部敬史, 土岐精一: イネにおけるジーンターゲットング効率の評価系の開発, 第31回日本植物細胞分子生物学会(札幌)大会・シンポジウム講演要旨集P-62, p.304, 2013年9月. | 日本・生物研・ゲノム機能改変, 埼玉大・環境科学研究センター, 横浜市大・木原生研 |
| NBT① | イネ | 笹岡大暉, 望月真衣, 大里修一, 佐久間美子, 近藤聡, 村本伸彦, 杉本広樹, 光川典弘, 大音徳, 太田邦史: イネにおけるゲノム再編誘発技術「TAQing システム」の発現制御, 第31回日本植物細胞分子生物学会(札幌)大会・シンポジウム講演要旨集P-63, p.305, 2013年9月. | 日本・明治大・農, 理研・基幹研, トヨタ自動車・バイオラボ, 豊田中研・バイオ研, 東大・総合文化 |
| NBT⑦-1 | タバコ | 川口大地, 山内靖雄, 杉本幸裕, 水谷正治: アグロインフィルトレーション法による植物発現系を用いた植物代謝酵素の機能解析, 第31回日本植物細胞分子生物学会(札幌)大会・シンポジウム講演要旨集P-67, p.309, 2013年9月. | 日本・神戸大院・農・生命機能科学 |

表2. 国内でのGM植物（機能性食品）研究・開発状況

| 区分 | 作物 | 演題 | 研究・開発機関 |
|------------|----------------------|--|--|
| 機能性食品 | シロイヌナズナ | 平井優美, 李一蒙, 荒木良一, 澤田有司, 西澤治, 齊藤和季, 小川俊也: グルコシノレート生合成を制御する MYB 転写因子の機能解析. 第31回日本植物細胞分子生物学会(札幌)大会・シンポジウム講演要旨集Aa-07, p.85, 2013年9月. | 日本・理研PSC, 理研CSRS・JST-CREST, 東北林業大学, キリン株式会社, 千葉大院・薬 |
| 機能性食品 | タバコ(培養細胞BY-2) | 中塚貴司, 佐々木伸大, 山田恵理, 藤田晃平, 高橋秀行, 今村智弘, 鈴木万里子, 小関良宏, 辻村郁子, 齋藤美沙, 坂本裕一, 西原昌宏: タバコ培養細胞BY-2を用いたベタレイン色素合成系の確立. 第31回日本植物細胞分子生物学会(札幌)大会・シンポジウム講演要旨集1Aa-12, p.90, 2013年9月. | 日本・静岡大院・農・共生バイオ, 岩手生工研セ, 農工大・工・生命 |
| 機能性食品 | レタス(葉緑体遺伝子の位置特異的組換え) | 佐々木貴子, 小川拓水, 岡澤敦司, 三沢典彦, 太田大 策: 遺伝子組換えアスタキサンチン高産生レタスの代謝プロファイル. 第31回日本植物細胞分子生物学会(札幌)大会・シンポジウム講演要旨集1Cp-03, p.151, 2013年9月. | 日本・大阪府立大学・生環・細胞代謝機能学, 石川県立大学・生物資源工学研究所 |
| 機能性食品 | クラミドモナス(藻類) | 木平 成子, 梶川昌孝, 福澤秀哉: 遺伝子改変によるスクアレン蓄積緑藻の作出. 第31回日本植物細胞分子生物学会(札幌)大会・シンポジウム講演要旨集2Aa-12, p.202, 2013年9月. | 日本・京大院・生命 |
| 機能性食品 | テンサイ | 吉田みどり, 松平洋明, 田村健一: チモシーのフルクタン合成酵素遺伝子を導入した組換えテンサイによるレバンの生産. 第31回日本植物細胞分子生物学会(札幌)大会・シンポジウム講演要旨集P-92, p.333, 2013年9月. | 日本・(独)農研機構・北海道農業研究センター |
| 機能性食品 | ジャガイモ | 梅基直行, 佐々木勝徳, 大山清, 山下まり, 水谷正治, 関光, 齊藤和季, 村中俊哉: グリコアルカロイド生合成遺伝子群の同定について. 第31回日本植物細胞分子生物学会(札幌)大会・シンポジウム講演要旨集1Ap-01, p.93, 2013年9月. | 日本・キリン(株)・基盤研, 理研CSRS, 東工大院・理工, 東北大院・農, 神戸大院・農, 阪大院・工・, 千葉大院・薬 |
| 機能性食品, 治療薬 | ジャガイモ | 大山清, 齊藤和季, 村中俊哉, 梅基直行: ステロイドアルカロイド生合成の改変による有用サボニンの蓄積. 第31回日本植物細胞分子生物学会(札幌)大会・シンポジウム講演要旨集1Ap-02, p.94, 2013年9月. | 日本・東工大院・理工, 理研CSRS, 千葉大院・薬, 阪大院・工, キリン(株)・基盤研 |

表3. 国内でのGM植物（経口ワクチン、食用医薬、抗体医薬、治療薬、環境浄化、バイオ燃料）研究・開発状況

| 区分 | 作物 | 演題 | 研究・開発機関 |
|--------|--|--|---|
| 経口ワクチン | イネ | 佐生愛, 星光隆成, 齊藤雄飛, 田中聖実, 森田麗人, 佐藤茂, 増村威宏: 経口ワクチン用キャリアーを目指したイネ種子PB-1の特定部位への外来タンパク質局在化と消化酵素耐性に関する研究. 第31回日本植物細胞分子生物学会(札幌)大会・シンポジウム講演要旨集1Ca-12, p.146, 2013年9月. | 日本・京都府大院・生命環境, 京都農技セ・生資セ |
| 食用医薬 | イネ | 菊田桃香, 佐生愛, 星光隆成, 森田麗人, 佐藤茂, 増村威宏: 抗腫瘍タンパク質を発現するイネに関する研究. 第31回日本植物細胞分子生物学会(札幌)大会・シンポジウム講演要旨集1Ca-13, p.147, 2013年9月. | 日本・京都府立大学院・生命環境, 京都府立大学・生命環境学部, 京都農技セ・生資セ |
| 食用医薬 | ダイズ(主要な貯蔵タンパク質である7S及び11Sグロブリンを欠失した変異ダイズ系統JQ) | 寺川雅彦, 豊谷川久和, 瓦林純, 島田康, 丸山伸之, 石本政秀, 東海林幹夫: アルツハイマー病エビトープ融合タンパク質のダイズへの高蓄積化と予防効果. 第31回日本植物細胞分子生物学会(札幌)大会・シンポジウム講演要旨集1Cp-01, p.149, 2013年9月. | 日本・北興化学・開発研, 弘前大院・医京都大院・農・生物研 |
| 食用医薬 | イネ | 赤岡一仁, 後藤香樹, 越智ありさ, 二川健: 廃用性筋萎縮の予防と治療を目的とした健康機能性米の開発. 第31回日本植物細胞分子生物学会(札幌)大会・シンポジウム講演要旨集1Cp-02, p.150, 2013年9月. | 日本・鳥根大・生資, 鶴島大・生体栄養 |
| 抗体医薬 | タバコ | 永利友佳里, 池田美穂, 高木優: シロイヌナズナ At1BH1遺伝子を用いた植物工場適性植物の開発. 第31回日本植物細胞分子生物学会(札幌)大会・シンポジウム講演要旨集P-68, p.310, 2013年9月. | 日本・産総研・バイオプロセス, 埼玉大学・環境科学 |
| 治療薬 | ハナビシソウ | 山田 泰之, 本村幸也, 島田友直, 小倉康平, 宮本忠司, 加藤伸彦, 小山知剛, 佐藤文彦: イソキリソールアルカロイド生合成系を制御する転写因子 CJWRKY1 の機能解析. 第31回日本植物細胞分子生物学会(札幌)大会・シンポジウム講演要旨集1Aa-09, p.87, 2013年9月. | 日本・京大院・生命科学, サントリー・生科材団・生有研 |
| 治療薬 | イネ | 高岩文雄, 工藤孝子, 木田寛, 梅原真, 若佐雄也: 転写因子IL-7のイネ種子胚乳中での発現によって誘導される小胞体ストレス. 第31回日本植物細胞分子生物学会(札幌)大会・シンポジウム講演要旨集2Aa-10, p.200, 2013年9月. | 日本・農業生物資源研・組換えセンター・機能性作物 |
| 治療薬 | イネ | 藤原結博, 高岩文雄, 梅原真, 関川麗二: 組換えイネによるサイトカイン(IL-4, IL-6)の発現と精製. 第31回日本植物細胞分子生物学会(札幌)大会・シンポジウム講演要旨集P-91, p.332, 2013年9月. | 日本・プリベンテック, 農業生物資源研 |
| 環境浄化 | タバコ(BY-2培養細胞) | 増山文博, 保倉明子, 阿部知子, 平野智也, 寺田靖子, 佐野 俊夫: 放射光分光 X 線分析によるタバコ BY-2培養細胞 におけるCd 蓄積機構の解明. 第31回日本植物細胞分子生物学会(札幌)大会・シンポジウム講演要旨集P-75, p.317, 2013年9月. | 日本・東京電機大学・院・工学研, 理研・イノベーションセンター, 理研・仁科センター, JASRI, 法政大学・生命科学・生命機能学科 |
| バイオ燃料 | イネ | 古川佳世子, 瀧川隆, 岡本和典, 伊藤 幸博: 老化誘導プロモーターとセルラーゼを用いた高糖化性イネの開発. 第31回日本植物細胞分子生物学会(札幌)大会・シンポジウム講演要旨集1Cp-07, p.155, 2013年9月. | 日本・東北大・農, 弘前大・農学生命 |

表 4. 2013 年の薬用、環境浄化用、工業用（食用作物）GM 植物及び NBT 研究・開発状況（NBT、試薬、治療薬）

| 区分 | 作物 | 研究・開発機関 | 文献等 |
|------------|---------|--|--|
| NBT⑦-1、治療薬 | タバコ | フランス: Angany Genetics, Fr. | Gomord, Veronique; Fitchette, Anne Catherine; Faye, Loic, "Cloning, hydroponic transfection, expression and IMAC affinity purification of recombinant allergens in <i>Nicotiana benthamiana</i> ", PCT Int. Appl. (2013), WO 2013186495 A1 20131219. |
| NBT⑦-1、治療薬 | タバコ | フランス: Angany Genetics, Fr. | Gomord, Veronique; Fitchette, Anne Catherine; Faye, Loic, "Cloning, hydroponic transfection, expression and IMAC affinity purification of recombinant allergens in <i>Nicotiana benthamiana</i> ", Fr. Demande (2013), FR 2991996 A1 20131220. |
| NBT⑦-2 | 植物 | 韓国: Korea Research Institute of Bioscience and Biotechnology | Moon, Jae Sun; Lee, Su Heon; Kim, Sung Uk; Yoo, Ran Hee; Lim, Seung Mo; Lim, Hyoun Sub; Hwang, In Gyu, "SYCMV-derived recombinant viral vector, and use thereof", PCT Int. Appl. (2013), WO 2013154233 A1 20131017. |
| NBT⑥ | 植物 | 中国: Southwest University | Pei, Yan; Zou, Xiuping, "Gene-auto-excision binary carrier for controlling biosafety of transgenic plant by sexual reproduction", PCT Int. Appl. (2013), WO 2013000279 A1 20130103. |
| NBT④ | 植物 | 米国: E. I Du Pont De Nemours and Company, USA; Pioneer Hi-Bred International | Kurek, Itzhak; Magonigle, Brian; Zhu, Genhai, "Silencing genes using artificial microRNAs and expression constructs with high degree of sequence specificity", PCT Int. Appl. (2013), WO 2013063487 A1 20130502. |
| NBT⑧ | 植物 | 中国: The Chinese University of Hong Kong | Chui, Ceon Fai; Yu, Wai Chang, "Method for preparation of plant cell minichromosome by transforming first vector containing telomeric repetitive sequence and second vector containing recombination site", Faming Zhuanli Shenqing (2013), CN 103289959 A 20130911. |
| NBT① | シロイヌナズナ | 英国: Department of Genetics, Cell Biology, and Development and Center for Genome Engineering, University of Minnesota | Christian Michelle; Qi Yiping; Zhang Yong; Voytas Daniel F, "Targeted mutagenesis of <i>Arabidopsis thaliana</i> using engineered TAL effector nucleases", G3 (Bethesda, Md.) (2013), 3(10), 1697-705. |
| NBT⑧、試薬 | チコリー | インド: Department of Biotechnology, Faculty of Science Jamia Hamdard | Ohadi R, Mehrnaz S; Alvari, Amene; Samim, M; Abdin, Malik Z, "Plant bio-transformable HMG-CoA reductase gene loaded calcium phosphate nanoparticle: in vitro characterization and stability study", Current Drug Discovery Technologies (2013), 10(1), 25-34. |
| NBT③-1、治療薬 | オタネニンジン | 韓国: Inje University, Industry-Academy Cooperation Foundation | Heo, Gyeong Hye; Choi, Yong Uli, "Panax ginseng dammarenediol synthase gene promoter region, its sequence and use in constructing genetic vectors for generating transgenic plants with increased resistances and ginsenoside content", Repub. Korean Kongkae Taeho Kongbo (2013), KR 2013132082 A 20131204. |

表 5. 2013 年の薬用、環境浄化用、工業用（食用作物）GM 植物及び NBT 研究・開発状況（環境浄化、治療薬）

| 区分 | 作物 | 研究・開発機関 | 文献等 |
|----------|--------------------------|---|---|
| 環境浄化 | タバコ | 韓国: Department of Environment Horticulture The University of Seoul | Jeoung, Yoon-hwa; Kim, Young-Nam; Kim, Kwon-Rae; Kim, Kye-Hoon, "Physiological response and cadmium accumulation of MuS1 transgenic tobacco exposed to high concentration of Cd in soil: implication to phytoremediation of metal contaminated soil", Korean Journal of Soil Science and Fertilizer (2013), 46(1), 58-64. |
| 環境浄化 | タバコ (BY-2細胞) | 中国: Biotechnology Research Center, Chenggong Campus Kunming University of Science and Technology | Chen, Qi; Wu, Kong-Huan; Wang, Ping; Yi, Jia; Li, Kun-Zhi; Yu, Yong-Xiong; Chen, Li-Mei, "Overexpression of MsALMT1, from the Aluminum-Sensitive <i>Medicago sativa</i> , Enhances Malate Exudation and Aluminum Resistance in Tobacco", Plant Molecular Biology Reporter (2013), 31(3), 769-774. |
| 環境浄化 | 植物 | 中国: Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Peop. Rep. China | Xu, Wenzhong; Ma, Mi; Chen, Yanshan, "Application of PvARRP1 protein and its encoding gene of <i>Pteris vittata</i> in arsenic transporters detoxification and accumulation", Faming Zhuanli Shenqing (2013), CN 102899348 A 20130130. |
| 環境浄化 | タバコ | 中国: Kunming University of Science and Technology | Chen, Limei; Guo, Chuanlong; Li, Song; Zhou, Lei; Wang, Lin, "Plant expression vector of Glycine max Tamba gene SGF14a for effectively increasing aluminum resistance of plants", Faming Zhuanli Shenqing (2013), CN 103045640 A 20130417. |
| 環境浄化 | タバコ | 中国: Kunming University of Science and Technology | Chen, Limei; Chen, Qi; Wu, Konghuan; Li, Kunzhi; Yu, Yongxiong, "Plant expression vector of soybean Tamba black C2H2-type zinc-finger protein gene STOP1 and its use in enhancing AL toxicity resistance of plant", Faming Zhuanli Shenqing (2013), CN 102952822 A 20130306. |
| 環境浄化 | 植物 | 中国: Kunming University of Science and Technology | Chen, Limei; Chen, Qi; Wu, Konghuan; Li, Kunzhi; Yu, Yongxiong, "", Faming Zhuanli Shenqing (2013), CN 102952821 A 20130306. |
| 環境浄化 | タバコ、ヤセイカシラン、アルファルファ、カラシナ | 中国: Qingdao University of Science and Technology | Zhang, Yuanyuan; Liu, Junhong; Zhang, Yuyan; Gong, Tingyun; Wang, Jing, "Method for repairing polluted soil with transgenic plant- <i>Clonostachys rosea</i> system", Faming Zhuanli Shenqing (2013), CN 103042025 A 20130417. |
| 環境浄化 | 植物、シロイヌナズナ | 中国: Wuxi BIOGoodland Biotechnology Co., Ltd. | Xue, Yong, "Method for repairing polluted environment with transgenic plant transformed with genes RhlA and RhlB", Faming Zhuanli Shenqing (2013), CN 103146742 A 20130612. |
| 環境浄化 | タバコ | 中国: Kunming University of Science and Technology | Li, Kunzhi; Wang, Yuying; Xu, Huini; Chen, Limei, "Plant expression vector containing celery serine acetyltransferase gene SAT", Faming Zhuanli Shenqing (2013), CN 103215306 A 20130724. |
| 環境浄化 | トウモロコシ | 中国: Institute of Agricultural Resources and Regional Planning, Key Laboratory of Plant Nutrition and Fertilizer, The Ministry of Agriculture Chinese Academy of Agricultural Sciences | Hou, Wen-tong; Yang, Li-ping; Chen, Ru-mei; Zhang, Shao-jun, "Effects of <i>Aspergillus niger</i> phyA2 transgenic maize on utilization of organic phosphorus in soil", Zuowu Xuebao (2013), 39(8), 1360-1365. |
| 環境浄化 | 植物 | 中国: Shanghai Ruifeng Agricultural Science and Technology Co., Ltd., Peop. Rep. China; Shanghai Academy of Agricultural Sciences | Peng, Rihe; Yao, Quanhong; Wang, Rongtan; Fu, Xiaoyan; Tian, Yongsheng; Zhao, Wei; Yan, Peilan; Zang, Xiaoyun; Wang, Bo; Wang, Lijuan, "A method for enhancing degradation of PAHs by using transgenic plants transformed with P 450 monooxygenase gene and glutathione S-transferase gene", Faming Zhuanli Shenqing (2013), CN 103468738 A 20131225. |
| 環境浄化 | タバコ | トルコ: Department of Soil Science and Plant Nutrition, Faculty of Agriculture Mustafa Kemal University | Daghan, Hatice; Arslan, Mehmet; Uygur, Veli; Koleli, Nurcan, "Transformation of Tobacco with ScMTII Gene-Enhanced Cadmium and Zinc Accumulation", Clean: Soil, Air, Water (2013), 41(5), 503-509. |
| 環境浄化 | シロイヌナズナ | 日本: Hiroshima University, Japan | Kuroda, Akio; Hirota, Ryuichi, "Transgenic plants having <i>Ralstonia</i> -derived phosphite dehydrogenase gene and cultivation of the plants", Jpn. Kokai Tokkyo Koho (2013), JP 2013031429 A 20130214. |
| 環境浄化、治療薬 | ハッカ | インド: Plant Biology Laboratory, Drug Development/Diagnostics & Biotechnology Division CSIR-Indian Institute of Chemical Biology | Sinha, Ragini; Bhattacharyya, Dipto; Majumdar, Aparupa Bose; Datta, Riddhi; Hazra, Saptarshi; Chattopadhyay, Sharmila, "Leaf proteome profiling of transgenic mint infected with <i>Alternaria alternata</i> ", Journal of Proteomics (2013), 93, 117-132. |

表 6. 2013 年の薬用、環境浄化用、工業用（食用作物）GM 植物及び NBT 研究・開発状況（機能性食品その 1）

| 区分 | 作物 | 研究・開発機関 | 文献等 |
|-------|-------------|---|---|
| 機能性食品 | ナガミノアマナズナ | 英国: Department of Biological Chemistry and Crop Protection, Rothamsted Research | Ruiz-Lopez Noemi; Haslam Richard P; Napier Johnathan A; Sayanova Olga, "Successful high-level accumulation of fish oil omega-3 long-chain polyunsaturated fatty acids in a transgenic oilseed crop", The Plant Journal : for cell and molecular biology (2013). |
| 機能性食品 | ナタネ、シロイヌナズナ | オーストラリア: Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation, Australia; Grains Research and Development Corporation; Nuseed Pty. Ltd. | Petrie, James Robertson; Singh, Surinder Pal; De Feyter, Robert Charles, "Production of long chain polyunsaturated fatty acids in transgenic plant cells", PCT Int. Appl. (2013), WO 2013185184 A2 20131219. |
| 機能性食品 | 植物 | カナダ: University of Alberta | Weselake, Randall; Pan, Xue; Siloto, Rodrigo, "Method for enrichment of oils with polyunsaturated fatty acids using phospholipid acyltransferases and desaturase", PCT Int. Appl. (2013), WO 2013181761 A1 20131212. |
| 機能性食品 | 植物 | 韓国: Chungnam University Industry Collaboration Foundation, S. Korea | Park, Yeon Il; Shin, Dong Ho, "Arabidopsis thaliana PTR2 gene utilized as anthocyanin biosynthesis regulator for controlling accumulation of anthocyanin pigment in plant", Repub. Korea (2013), KR 1337243 B1 20131205. |
| 機能性食品 | ダイズ | 韓国: Dong-A University, Research Foundation for Industry-Academy Cooperation | Jung, Yeong Su; Lee, Jae Heon; Kim, Mi Jin; Kim, Hye Jeong; Park, Jeong Hun; Hong, Ha Nui, "Psy-2a-tp-crt1 multi-expression gene for increasing carotenoid content of transgenic plant, and method for manufacturing transgenic plant with increased carotenoid content", Repub. Korean Kongkae Taeho Kongbo (2013), KR 2013022520 A 20130307. |
| 機能性食品 | イネ | 韓国: National Institute of Crop Science, Rural Development Administration | Baek, So-Hyeon; Shin, Woon-Chul; Ryu, Hak-Seung; Lee, Dae-Woo; Moon, Eunjung; Seo, Chum-Sun; Hwang, Eunson; Lee, Hyun-Seo; Ahn, Mi-Hyun; Jeon, Youngju; Kang, Hyeon-Jung; Lee, Sang-Won; Kim, Sun Yeou; D'Souza, Roshan; Kim, Hyeon-Jin; Hong, Seong-Tshool; Jeon, Jong-Seong, "Creation of resveratrol-enriched rice for the treatment of metabolic syndrome and related diseases", PLoS One (2013), 8(3), e57930. |
| 機能性食品 | イネ | 韓国: Rural Development Administration | Ha, Seon Hwa; Kim, Jae Gwang; Jung, Ye Sol; Lim, Seon Hyeong; Lee, Yeon Hui; Ku, Bon Seong; Kim, Yeong Mi; Lee, Jong Ryeol, "Polynucleotide for biosynthesis of zeaxanthin and transgenic plant using the same", Repub. Korean Kongkae Taeho Kongbo (2013), KR 2013055708 A 20130529. |
| 機能性食品 | イネ | 韓国: Rural Development Administration | Ha, Seon Hwa; Kim, Jae Gwang; Jung, Ye Sol; Lim, Seon Hyeong; Lee, Yeon Hui; Ku, Bon Seong; Kim, Yeong Mi; Lee, Jong Ryeol, " ", Repub. Korea (2013), KR 1229887 B1 20130208. |
| 機能性食品 | イネ | 韓国: Rural Development Administration | Ha, Seon Hwa; Kim, Jae Gwang; Jung, Ye Sol; Lim, Seon Hyeong; Lee, Yeon Hui; Ku, Bon Seong; Kim, Yeong Mi; Lee, Jong Ryeol, "Polynucleotide utilized for biosynthesis of astaxanthin, and method for producing transgenic plants with anti-oxidant property using the same", Repub. Korea (2013), KR 1229885 B1 20130208. |
| 機能性食品 | 植物 | 中国: Institute of Botany, Jiangsu Province and Chinese Academy of Sciences | Li, Mimi; Hang, Yueyu; Sun, Xiaojin; Pang, Hui; Li, Ying; Guo, Jianlin; Yan, Qinqin, "Brassica carinata fatty acid elongase, its encoded gene and application thereof", Faming Zhuanli Shenqing (2013), CN 102978172 A 20130320. |
| 機能性食品 | ダイズ | 中国: Northeast Institute of Geography and Agroecology, Chinese Academy of Sciences | Liu, Baohui; Kong, Fanjiang; Cao, Dong, "Glycine max glucose phosphate transporter gene and its protein", Faming Zhuanli Shenqing (2013), CN 103352040 A 20131016. |
| 機能性食品 | トウモロコシ | 中国: State Key Laboratory of Agrobiotechnology, College of Biological Sciences, China Agricultural University | Wang, Meizhen; Liu, Chen; Li, Shixue; Zhu, Dengyun; Zhao, Qian; Yu, Jingjuan, "Improved nutritive quality and salt resistance in transgenic maize by simultaneously overexpression of a natural lysine-rich protein gene, SBGLR, and an ERF transcription factor gene, TSRF1", International Journal of Molecular Sciences (2013), 14(5), 9459-9474, 16 pp. |
| 機能性食品 | イネ | 中国: State Key Laboratory of Agrobiotechnology, School of Life Sciences, The Chinese University of Hong Kong | Long, Xiaohang; Liu, Qiaocun; Chan, Manling; Wang, Qing; Sun, Samuel S. M., "Metabolic engineering and profiling of rice with increased lysine", Plant Biotechnology Journal (2013), 11(4), 490-501. |
| 機能性食品 | ナタネ | 中国: Bioengineering College, Chongqing University, Chongqing | Nie, X.; Zhao, Z. P.; Chen, G. P.; Zhang, B.; Ye, M.; Hu, Z. L., "Brassica napus possesses enhanced antioxidant capacity via heterologous expression of anthocyanin pathway gene transcription factors", Russian Journal of Plant Physiology (2013), 60(1), 108-115. |

表 7. 2013 年の薬用、環境浄化用、工業用（食用作物）GM 植物及び NBT 研究・開発状況（機能性食品その 2）

| 区分 | 作物 | 研究・開発機関 | 文献等 |
|-----------|--------|---|--|
| 機能性食品 | 植物 | 中国: Kunming Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences; Runke Biological Engineering (Fujian) Co., Ltd. | Huang, Junchao; Zhong, Yujuan; Jiang, Yue, "Method for producing astaxanthin with transgenic plant", Faming Zhuanli Shenqing (2013), CN 102888425 A 20130123. |
| 機能性食品 | トウモロコシ | 米国: Department of Agronomy, Iowa State University Ames | Kanobe Mily N; Rodermeil Steven R; Bailey Theodore; Scott M Paul, "Changes in endogenous gene transcript and protein levels in maize plants expressing the soybean ferritin transgene", Frontiers in plant science (2013), 4, 196. |
| 機能性食品 | 植物 | 中国: Northeast Normal University, Peop. Rep. China | Pang, Jinsong; Yu, Xiaoming; Jiang, Lili; Li, Ning; Yu, Qian; Xia, Qiong; Liu, Bao, "A method for increasing the starch content of transgenic plant using multi-gene transformation and cultivation", Faming Zhuanli Shenqing (2013), CN 103173485 A 20130626. |
| 機能性食品(香料) | タバコ | スイス: Philip Morris Products S.A. | Bovet, Lucien; Catinot, Jeremy; Schwaar, Joanne, "Genetic modulation of β -damascenone in tobacco plants", PCT Int. Appl. (2013), WO 2013064499 A1 20130510. |
| 機能性食品(香料) | タバコ | スイス: Philip Morris Products S.A. | Bovet, Lucien; Catinot, Jeremy; Schwaar, Joanne, "Genetic modulation of β -damascenone in tobacco plants", Eur. Pat. Appl. (2013), EP 2586792 A1 20130501. |
| 機能性食品(香料) | タバコ | スイス: Philip Morris Products S.A. | Bakher, Nicholas; Bindler, Gregor Nicholas; Blanc, Michel Philippe; Goepfert, Simon; Martin, Florian, "Isopropylmalate synthase from Nicotiana tabacum and methods and uses for modulating sucrose esters and producing β -methylvaleric acid in transgenic plants", Eur. Pat. Appl. (2013), EP 2565265 A1 20130306. |
| 機能性食品(香料) | タバコ | スイス: Philip Morris Products S.A. | Bakher, Nicholas; Bindler, Gregor Nicholas; Blanc, Michel Philippe; Goepfert, Simon; Martin, Florian, "Isopropylmalate synthase from Nicotiana tabacum and methods and uses for modulating sucrose esters and producing β -methylvaleric acid in transgenic plants", PCT Int. Appl. (2013), WO 2013029799 A1 20130307. |
| 機能性食品(香料) | タバコ | スイス: Philip Morris Products S.A. | Bovet, Lucien; Sierro, Nicolas, "Threonine synthase from Nicotiana tabacum and methods and uses to modulate methionine in transgenic plant cells", Eur. Pat. Appl. (2013), EP 2565271 A1 20130306. |
| 機能性食品(香料) | タバコ | スイス: Philip Morris Products S.A. | Bovet, Lucien; Sierro, Nicolas, "Threonine synthase from Nicotiana tabacum and methods and uses to modulate methionine in transgenic plant cells", PCT Int. Appl. (2013), WO 2013029800 A1 20130307. |
| 機能性食品(香料) | チャノキ | 中国: Zhejiang University | Lu, Jianling; Fan, Fangyuan; Liu, Yang; Li, Nana; Zheng, Xinqiang; Liang, Yuerong, " ", Faming Zhuanli Shenqing (2013), CN 103224946 A 20130731. |
| 機能性食品(香料) | 植物 | 日本: Suntory Holdings Ltd. | Nakamura, Noriko, "Cloning of cDNAs for linalool synthases and application to breeding of plant transformants with altered fragrance", Jpn. Kokai Tokkyo Koho (2013), JP 2013013406 A 20130124. |
| 機能性食品(香料) | 植物 | 日本: Suntory Holdings Ltd. | Nakamura, Noriko, "Cloning of cDNAs for terpenoid synthases and application to breeding of plant transformants with altered fragrance", Jpn. Kokai Tokkyo Koho (2013), JP 2013074829 A 20130425. |
| 機能性食品(香料) | 植物 | 米国: Chromatin, Inc., USA; The Ohio State University | Blakeslee, Joshua; Cornish, Katrina; Crasta, Oswald; Folkerts, Otto; Jessen, Dave; Nair, Ramesh, "Enhanced farnesene production in metabolically engineered transgenic plants", PCT Int. Appl. (2013), WO 2013106868 A1 20130718. |

表 8. 2013 年の薬用、環境浄化用、工業用（食用作物）GM 植物及び NBT 研究・開発状況（経口ワクチン、食用医薬、ワクチン抗原）

| 区分 | 作物 | 研究・開発機関 | 文献等 |
|--------|-----------------------|---|---|
| 経口ワクチン | 植物 | 台湾: National Taiwan University | Chan, Hui Ting; Chia, Min Yuan; Do, Yi Yin; Pang, Victor Fei; Jeng, Chian Ren; Huang, Pung Ling, "Oral vaccine against porcine reproductive and respiratory syndrome produced by plant and use thereof", Taiwan, (2013), TW 391487 B 20130401. |
| 経口ワクチン | タバコ | 中国: First Affiliated Hospital of Medical College Xi'an Jiaotong University | Liu, Hongli; Li, Xukui; Li, Wensheng; Si, Lusheng; Zheng, Jin, "Transgenic tobacco expressed HPV16-L1 and LT-B combined immunization induces strong mucosal and systematic immune response in mice", Human Vaccines & Immunotherapeutics (2013), 9(1), 83-89. |
| 経口ワクチン | トマト | 中国: Key Laboratory of Resource Biology and Biotechnology in Western China, Northwest University | Guo, Bin; He, Wei; Wu, Daochang; Che, Delu; Fan, Penghui; Xu, Lingling; Wei, Yahui, "Proteomic Analysis of Tomato (Lycopersicon esculentum var. cerasiform) Expressing the HBsAg Gene by 2-dimensional Difference Gel Electrophoresis", Plant Foods for Human Nutrition (New York, NY, United States) (2013), 68(4), 424-429. |
| 経口ワクチン | タバコ | ロシア: All-Russia Research Institute for Agricultural Biotechnology | Tarasenko, I. V.; Taranov, A. I.; Firsov, A. P.; Dolgov, S. V., "Expression of the nucleotide sequence for the M2e peptide of avian influenza virus in transgenic tobacco plants", Applied Biochemistry and Microbiology (2013), 49(8), 695-701. |
| 食用医薬 | 植物 | 米国: University of Arkansas-Jonesboro | Cramer, Carole L.; Dolan, Maureen C.; Medrano, Giuliana; Radin, David N., "Plant-based expression of avian interleukin-12 and methods of producing and using same", U.S. (2013), US 8431774 B1 20130430. |
| 食用医薬 | トマト | 米国: University of California, USA | Fogelman, Alan M.; Reddy, Srinivasa T.; Navab, Mohamad, "Edible transgenic plant expressing active apolipoprotein or mimetic peptide for use in modulating disease by altering plasma levels of LPA, SSA, paraoxonase and HDL index", PCT Int. Appl. (2013), WO 2013148214 A1 20131003. |
| 食用医薬 | トマト | 米国: University of California, USA | Fogelman, Alan M.; Reddy, Srinivasa T.; Navab, Mohamad, "Edible transgenic plant expressing active apolipoprotein or mimetic peptide for use in modulating disease by altering plasma levels of LPA, SSA, paraoxonase and HDL index", U.S. Pat. Appl. Publ. (2013), US 20130344173 A1 20131226. |
| ワクチン抗原 | タバコ、イネ、フタ、スラッシュ、ジュバイン | 中国: College of Horticulture and Gardening Yangtze University | Tang, Wei; Page, Michael, "Inducible expression of Norwalk virus capsid protein gene in plant cell suspension cultures", In Vitro Cellular & Developmental Biology: Plant (2013), 49(2), 129-136. |
| ワクチン抗原 | 植物 | 米国: Pharma Green LLC | Golovkin, Maxim, "Methods and compositions to produce vaccines against smallpox in plants", U.S. Pat. Appl. Publ. (2013), US 20130266608 A1 20131010. |
| ワクチン抗原 | タバコ | チェコスロバキア: Biology Centre AS CR Institute of Plant Molecular Biology Ceske Budejovice | Briza, Jindrich; Vlasak, Josef; Ryba, Stepan; Ludvikova, Viera; Niedermeierova, Hana, "Transformation of tobacco cpDNA with fusion E7GGG/GUS gene and homologous recombination mediated elimination of the marker gene", Biotechnology & Biotechnological Equipment (2013), 27(2), 3644-3648. |

表 9. 2013 年の薬用、環境浄化用、工業用（食用作物）GM 植物及び NBT 研究・開発状況（抗体医薬、試薬、治療薬）

| 区分 | 作物 | 研究・開発機関 | 文献等 |
|--------|---------|--|--|
| 抗体医薬 | タバコ | カナダ: Department of Chemical Engineering McMaster University | Mayani, Mukesh; Filipe, Carlos D. M.; McLean, Michael D.; Hall, J. Christopher; Ghosh, Raja, "Purification of transgenic tobacco-derived recombinant human monoclonal antibody", Biochemical Engineering Journal (2013), 72, 33-41. |
| 抗体医薬 | ハウサイ | 中国: College of Life Science Qingdao Agricultural University | Zhao, Mei-Ai; An, Song-Ji; Lee, Suk-Chan; Kim, Do-Sun; Kang, Byoung-Cheorl, "Overexpression of a Single-Chain Variable Fragment (scFv) Antibody Confers Unstable Resistance to TuMV in Chinese Cabbage", Plant Molecular Biology Reporter (2013), 31(6), 1203-1211. |
| 抗体医薬 | タバコ | インド: Department of Biochemistry, C.B.S.H. G. B. Pant University of Agriculture and Technology | Dobhal, S.; Chaudhary, V. K.; Singh, A.; Pandey, D.; Kumar, A.; Agrawal, S., "Expression of recombinant antibody (single chain antibody fragment) in transgenic plant Nicotiana tabacum cv. Xanthi", Molecular Biology Reports (2013), 40(12), 7027-7037. |
| 抗体医薬 | イネ | 韓国: Department of Biological Engineering Inha University | Kwon, Jun-Young; Jeong, Sun-Hee; Choi, Ji-Won; Pak, Yun-Young; Kim, Dong-Il, "Assessment of long-term cryopreservation for production of hCTLA4Ig in transgenic rice cell suspension cultures", Enzyme and Microbial Technology (2013), 53(3), 216-222. |
| 抗体医薬 | イネ | 韓国: Inha University, Department of Biological Engineering | Kwon, Jun-Young; Yang, Yong-Suk; Cheon, Su-Hwan; Nam, Hyung-Jin; Jin, Gi-Hong; Kim, Dong-Il, "Bioreactor engineering using disposable technology for enhanced production of hCTLA4Ig in transgenic rice cell cultures", Biotechnology and Bioengineering (2013), 110(9), 2412-2424. |
| 抗体医薬 | タバコ | キューバ: Department of Monoclonal Antibody Production Center for Genetic Engineering and Biotechnology Havana | Gomez, Leonardo; Padilla, Sigifredo; Fuentes, Alejandro; Ruiz, Yoslane; Gonzalez, Tatiana; Somoza, Margarita; Lopez, Lisette; Sanchez, Julio; Gavilan, David; Espinosa, Elio; Avila, Yenisleydis; Mendoza, Otto; Masforrol, Yordanka; Garcia, Cristina; La, O. Maylin; Valdes, Rodolfo, "Assessment of two transgenic tobacco plant varieties for the HBsAg-specific plantibody production", Journal of Agronomy (2013), 12(1), 11-19. |
| 抗体医薬 | タバコ | ドイツ: Department Plant Biotechnology, Fraunhofer Institute for Molecular Biology and Applied Ecology (IME) | Vasilev Nikolay; Gromping Ulrike; Lipperts Anja; Raven Nicole; Fischer Rainer; Schillberg Stefan, "Optimization of BY-2 cell suspension culture medium for the production of a human antibody using a combination of fractional factorial designs and the response surface method", Plant biotechnology journal (2013), 11(7), 867-74. |
| 試薬 | タバコ | オランダ: Keygene N.V. | Bouwmeester, Hendrik Jan; Henquet, Maurice Gerard Leon; Jongma, Maarten Anthonie, "Plant genes of drimenol biosynthesis and their use in drimenol manufacture", PCT Int. Appl. (2013), WO 2013058655 A1 20130425. |
| 治療薬、試薬 | イネ | 中国: Engineering Research Center for Plant Biotechnology and Germplasm Utilization, Ministry of Education, State Key Laboratory of Hybrid Rice, College of Life Sciences Wuhan University | An, Na; Ou, Jiquan; Jiang, Daiming; Zhang, Liping; Liu, Jingru; Fu, Kai; Dai, Ying; Yang, Daichang, "Expression of a functional recombinant human basic fibroblast growth factor from transgenic rice seeds", International Journal of Molecular Sciences (2013), 14, 3556-3567. |
| 治療薬 | タバコ | イラン: Department of Plant Breeding and Biotechnology, Faculty of Agriculture Tarbiat Modares University | Goojani, Hojat Ghasemi; Javaran, Mokhtar Jalali; Nasiri, Jaber; Goojani, Esmaeel Ghasemi; Alizadeh, Houshang, Expression and Large-Scale Production of Human Tissue Plasminogen Activator (t-PA) in Transgenic Tobacco Plants Using Different Signal Peptides", Applied Biochemistry and Biotechnology (2013), 169(6), 1940-1951. |
| 治療薬 | オタネニンジン | 韓国: Kangwon National University, University-Industry Cooperation Foundation | Choi, Yong Ui; Han, Jeong Yeon; Kim, Hyeon Jung, "Composition for promoting biosynthesis of protopanaxadiol containing CYP716A47 protein or it encoding protein, a host cell or transgenic plant transfected with recombinant vector containing the gene or plasmid", Repub. Korean Kongkae Taeho Kongbo (2013), KR 2013049270 A 20130514. |

表 10. 2013 年の薬用、環境浄化用、工業用（食用作物）GM 植物及び NBT 研究・開発状況（治療薬）

| 区分 | 作物 | 研究・開発機関 | 文献等 |
|-----|-----------------------------|--|--|
| 治療薬 | イネ | 韓国:NBM Co., Ltd. | Kwon, Tae Ho, "Transgenic plant <i>Oryza sativa</i> producing light chain protein of human enterokinase and use thereof", <i>Repub. Korean Kongkae Taeho Kongbo</i> (2013), KR 2013113765 A 20131016. |
| 治療薬 | イネ | 韓国:NBM Co., Ltd. | Kwon, Tae Ho, "Transgenic plant <i>Oryza sativa</i> producing light chain protein of human enterokinase and use thereof", <i>PCT Int. Appl.</i> (2013), WO 2013151211 A1 20131010. |
| 治療薬 | 植物 | 韓国:Rural Development Administration | Kim, Hyeon Uk; Lee, Gyeong Ryeol; Kim, Jong Beom; Noh, Gyeong Hui; Kim, Sun Hui, "Polypeptide, gene derived from cytochrome b5 of castor, composition and method for promoting hydroxy fatty acid production of plant", <i>Repub. Korean Kongkae Taeho Kongbo</i> (2013), KR 2013011325 A 20130130. |
| 治療薬 | タバコ | 中国:College of Animal Science and Technology, China Agriculture University | Sun, Yan; Long, Ruicai; Kang, Junmei; Zhang, Tiejun; Zhang, Ze; Zhou, He; Yang, Qingchuan, "Molecular cloning and characterization of three isoprenyl diphosphate synthase genes from alfalfa", <i>Molecular Biology Reports</i> (2013), 40(2), 2035-2044. |
| 治療薬 | タバコ | 中国:Henan Agricultural University | Zhao, Mingqin; Wang, Jing; Yun, Fei; Liu, Guoshun; Zhang, Songtao; Yang, Yongfeng; Jia, Hongfang, "Cloning of nicotine biosynthesis-related PMT2 gene promoter and application in regulating biosynthesis of nicotine", <i>Faming Zhuanli Shenqing</i> (2013), CN 102851287 A 20130102. |
| 治療薬 | 油料作物 | 中国:Jilin Agricultural University, Peop. Rep. China; Bioreactor Engineering Co., Ltd., Jilin Agricultural University | Jiang, Chao; Li, Xiaokun; Li, Haiyan; Tian, Haishan; Yang, Jing; Wang, Lan; Chen, Yubin; Jin, Libo, "Vegetable oil body gel preparation containing KGF2", <i>Faming Zhuanli Shenqing</i> (2013), CN 103417954 A 20131204. |
| 治療薬 | シソ | 中国:Laboratory of Food Additives and Nutrition, College of Food Engineering and Biological Technology, Tianjin University of Science and Technology | Lu, Xiaoling; Hao, Lei; Wang, Fang; Huang, Chen; Wu, Shuwei, "Molecular cloning and overexpression of the tyrosine aminotransferase (TAT) gene leads to increased rosmarinic acid yield in <i>Perilla frutescens</i> ", <i>Plant Cell, Tissue and Organ Culture</i> (2013), 115(1), 69-83. |
| 治療薬 | タンジン | 中国 | Liu, Dehu, "Application of human basic fibroblast growth factor fusion gene", <i>Faming Zhuanli Shenqing</i> (2013), CN 103319609 A 20130925. |
| 治療薬 | イネ、ダイズ、エンバク、ニホンカボチャ、シロイヌナズナ | 日本:Kyushu University, Japan; National Institute of Agrobiological Resources (Niar) | Kumamaru, Toshihiro; Fukuda, Masako; Sato, Mio; Sato, Hikaru; Kawagoe, Yasushi, "Cloning and application of the genes which are involved in accumulation of plant storage proteins", <i>Jpn. Kokai Tokkyo Koho</i> (2013), JP 2013066465 A 20130418. |
| 治療薬 | 植物 | 日本:Suntory Holdings Ltd. | Ono, Eiichiro; Tsuruoka, Nobuo, "Cloning of gene for monoterpene glycosyltransferase from <i>Thea sinensis</i> and its application", <i>Jpn. Kokai Tokkyo Koho</i> (2013), JP 2013176361 A 20130909. |
| 治療薬 | サトウキビ | 米国:Department of Biological and Agricultural Engineering, Texas A&M University | Barros, G. O. F.; Ballen, M. A. T.; Woodard, S. L.; Wilken, L. R.; White, S. G.; Damaj, M. B.; Mirkov, T. E.; Nikolov, Z. L., "Recovery of bovine lysozyme from transgenic sugarcane stalks: extraction, membrane filtration, and purification", <i>Bioprocess and Biosystems Engineering</i> (2013), 36(10), 1407-1416. |
| 治療薬 | 植物 | 米国:J.R. Simplot Company, USA | Rommens, Caius M.; Shakya, Roshani; Ye, Jingsong, "Aureusidin-producing transgenic plants", <i>PCT Int. Appl.</i> (2013), WO 2013169369 A1 20131114. |

表11. NBT 応用植物に関する文献調査結果(ZFN)

keywords: ZFN/zinc finger nuclease/plant

| ID | Year | Applied plant species | Affiliation, country |
|---------------|--|-----------------------|---|
| Identifiers | | Title | |
| | | Description | |
| | | Details | |
| 1 | 2013 | soybean | University of Minnesota, MN, USA |
| PMID:23996306 | Targeted mutagenesis for functional analysis of gene duplication in legumes. Curtin SJ, Anderson JE, Starker CG, Baltes NJ, Mani D, Voytas DF, Stupar RM. Methods Mol Biol. 2013;1069:25-42. doi: 10.1007/978-1-62703-613-9_3. | | |
| 2 | 2013 | Arabidopsis thaliana | University of Minnesota, MN, USA |
| PMID:23979943 | Targeted deletion and inversion of tandemly arrayed genes in Arabidopsis thaliana using zinc finger nucleases. Qi Y, Li X, Zhang Y, Starker CG, Baltes NJ, Zhang F, Sander JD, Reyon D, Joung JK, Voytas DF. G3 (Bethesda). 2013 Oct 3;3(10):1707-15. doi: 10.1534/g3.113.006270. | | |
| 3 | 2013 | Arabidopsis | University of Minnesota, MN, USA |
| PMID:23282329 | Increasing frequencies of site-specific mutagenesis and gene targeting in Arabidopsis by manipulating DNA repair pathways. Qi Y, Zhang Y, Zhang F, Baller JA, Cleland SC, Ryu Y, Starker CG, Voytas DF. Genome Res. 2013 Mar;23(3):547-54. doi: 10.1101/gr.145557.112. Epub 2013 Jan 2. | | |
| 4 | 2013 | Arabidopsis | Leiden University, Leiden, The Netherlands |
| PMID:23279135 | ZFN-mediated gene targeting of the Arabidopsis protoporphyrinogen oxidase gene through Agrobacterium-mediated floral dip transformation. de Pater S, Pinas JE, Hooykaas PJ, van der Zaal BJ. Plant Biotechnol J. 2013 May;11(4):510-5. doi: 10.1111/pbi.12040. Epub 2012 Dec 28. | | |
| 5 | 2011 | soybean | University of Minnesota, MN, USA |
| PMID:21464476 | Targeted mutagenesis of duplicated genes in soybean with zinc-finger nucleases. Curtin SJ, Zhang F, Sander JD, Haun WJ, Starker C, Baltes NJ, Reyon D, Dahlborg EJ, Goodwin MJ, Coffman AP, Dobbs D, Joung JK, Voytas DF, Stupar RM. Plant Physiol. 2011 Jun;156(2):466-73. doi: 10.1104/pp.111.172981. Epub 2011 Apr 4. | | |
| 6 | 2011 | Nicotiana tabacum | King Abdullah University of Science and Technology, Kingdom of Saudi Arabia |
| PMID:21262818 | De novo-engineered transcription activator-like effector (TALE) hybrid nuclease with novel DNA binding specificity creates double-strand breaks. Mahfouz MM, Li L, Shamimuzzaman M, Wibowo A, Fang X, Zhu JK. Proc Natl Acad Sci U S A. 2011 Feb 8;108(6):2623-8. doi: 10.1073/pnas.1019533108. Epub 2011 Jan 24. | | |
| 7 | 2011 | Arabidopsis | University of Minnesota, MN, USA |
| PMID:21181530 | Targeted mutagenesis in Arabidopsis using zinc-finger nucleases. Zhang F, Voytas DF. Methods Mol Biol. 2011;701:167-77. doi: 10.1007/978-1-61737-957-4_9. | | |
| 8 | 2010 | Arabidopsis thaliana | University of Minnesota, MN, USA |
| PMID:20508152 | High frequency targeted mutagenesis in Arabidopsis thaliana using zinc finger nucleases. Zhang F, Maeder ML, Unger-Wallace E, Hoshaw JP, Reyon D, Christian M, Li X, Pierick CJ, Dobbs D, Peterson T, Joung JK, Voytas DF. Proc Natl Acad Sci U S A. 2010 Jun 29;107(26):12028-33. doi: 10.1073/pnas.0914991107. Epub 2010 May 27. | | |
| 9 | 2010 | Arabidopsis | NIAS, Tsukuba, Japan |
| PMID:20508151 | Site-directed mutagenesis in Arabidopsis using custom-designed zinc finger nucleases. Osakabe K, Osakabe Y, Toki S. Proc Natl Acad Sci U S A. 2010 Jun 29;107(26):12034-9. doi: 10.1073/pnas.1000234107. Epub 2010 May 27. | | |
| 10 | 2009 | Arabidopsis | Leiden University, Leiden, The Netherlands |
| PMID:19754840 | ZFN-induced mutagenesis and gene-targeting in Arabidopsis through Agrobacterium-mediated floral dip transformation. de Pater S, Neuteboom LW, Pinas JE, Hooykaas PJ, van der Zaal BJ. Plant Biotechnol J. 2009 Oct;7(8):821-35. doi: 10.1111/j.1467-7652.2009.00446.x. | | |
| 11 | 2009 | Zea mays | Dow AgroSciences, IN, USA |
| PMID:19404259 | Precise genome modification in the crop species Zea mays using zinc-finger nucleases. Shukla VK, Doyon Y, Miller JC, DeKaveler RC, Moehle EA, Worden SE, Mitchell JC, Arnold NL, Gopalan S, Meng X, Choi VM, Rock JM, Wu YY, Katibah GE, Zhifang G, McCaskill D, Simpson MA, Blakeslee B, Greenwalt SA, Butler HJ, Hinkley SJ, Zhang L, et al. Nature. 2009 May 21;459(7245):437-41. doi: 10.1038/nature07992. Epub 2009 Apr 29. | | |
| 12 | 2005 | Arabidopsis | University of Utah, UT, USA |
| PMID:15677315 | Targeted mutagenesis using zinc-finger nucleases in Arabidopsis. Lloyd A, Plaisier CL, Carroll D, Drews GN. Proc Natl Acad Sci U S A. 2005 Feb 8;102(6):2232-7. Epub 2005 Jan 26. | | |

表12. NBT 応用植物に関する文献調査結果(TALEN)

keywords: TALEN(s)/TAL effector/plant

| ID | Year | Applied plant species | Affiliation, country |
|---------------|------|--|--|
| Identifiers | | Title | |
| | | Description | |
| | | Details | |
| 1 | 2014 | Zea mays | Chinese Academy of Sciences, Beijing, China |
| PMID:24576457 | | Targeted Mutagenesis in Zea mays Using TALENs and the CRISPR/Cas System. Liang Z, Zhang K, Chen K, Gao C. J Genet Genomics. 2014 Feb 20;41(2):63-8. doi: 10.1016/j.jgg.2013.12.001. Epub 2013 Dec 14. | |
| 2 | 2014 | rice | Chinese Academy of Sciences, Beijing, China |
| PMID:24556552 | | An efficient TALEN mutagenesis system in rice. Chen K, Shan Q, Gao C. Methods. 2014 Feb 17. doi:pii: S1046-2023(14)00043-7. 10.1016/j.ymeth.2014.02.013. [Epub ahead of print] | |
| 3 | 2013 | Arabidopsis thaliana | University of Minnesota, MN, USA |
| PMID:23979944 | | Targeted mutagenesis of Arabidopsis thaliana using engineered TAL effector nucleases. Christian M, Qi Y, Zhang Y, Voytas DF. G3 (Bethesda). 2013 Oct 3;3(10):1697-705. doi: 10.1534/g3.113.007104. | |
| 4 | 2013 | Brassica oleracea | Southwest University, Chongqing, China |
| PMID:23870552 | | Site-specific gene targeting using transcription activator-like effector (TALE)-based nuclease in Brassica oleracea. Sun Z, Li N, Huang G, Xu J, Pan Y, Wang Z, Tang Q, Song M, Wang X. J Integr Plant Biol. 2013 Nov;55(11):1092-103. doi: 10.1111/jipb.12091. Epub 2013 Sep 18. | |
| 5 | 2013 | barley | Aarhus University, Slagelse, Denmark |
| PMID:23689819 | | TAL effector nucleases induce mutations at a pre-selected location in the genome of primary barley transformants. Wendt T, Holm PB, Starker CG, Christian M, Voytas DF, Brinch-Pedersen H, Holme IB. Plant Mol Biol. 2013 Oct;83(3):279-85. doi: 10.1007/s11103-013-0078-4. Epub 2013 May 21. | |
| 6 | 2013 | rice | Iowa State University, IA, USA. |
| PMID:23430045 | | Designer TAL effectors induce disease susceptibility and resistance to Xanthomonas oryzae pv. oryzae in rice. Li T, Huang S, Zhou J, Yang B. Mol Plant. 2013 May;6(3):781-9. doi: 10.1093/mp/sst034. Epub 2013 Feb 21. | |
| 7 | 2013 | Brachypodium | Chinese Academy of Sciences, Beijing, China |
| PMID:23288864 | | Rapid and efficient gene modification in rice and Brachypodium using TALENs. Shan Q, Wang Y, Chen K, Liang Z, Li J, Zhang Y, Zhang K, Liu J, Voytas DF, Zheng X, Zhang Y, Gao C. Mol Plant. 2013 Jul;6(4):1365-8. doi: 10.1093/mp/sss162. Epub 2013 Jan 2. | |
| 8 | 2013 | Nicotiana tabacum | University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu, China |
| PMID:23124327 | | Transcription activator-like effector nucleases enable efficient plant genome engineering. Zhang Y, Zhang F, Li X, Baller JA, Qi Y, Starker CG, Bogdanove AJ, Voytas DF. Plant Physiol. 2013 Jan;161(1):20-7. doi: 10.1104/pp.112.205179. Epub 2012 Nov 2. | |
| 9 | 2012 | rice | Colorado State University, CO, USA |
| PMID:23078195 | | Transcription activator-like (TAL) effectors targeting OsSWEET genes enhance virulence on diverse rice (Oryza sativa) varieties when expressed individually in a TAL effector-deficient strain of Xanthomonas oryzae. Verdier V, Triplett LR, Hummel AW, Corral R, Cernadas RA, Schmidt CL, Bogdanove AJ, Leach JE. New Phytol. 2012 Dec;196(4):1197-207. doi: 10.1111/j.1469-8137.2012.04367.x. Epub 2012 Oct 18. | |
| 10 | 2012 | rice | Iowa State University, IA, USA. |
| PMID:22565958 | | High-efficiency TALEN-based gene editing produces disease-resistant rice. Li T, Liu B, Spalding MH, Weeks DP, Yang B. Nat Biotechnol. 2012 May 7;30(5):390-2. doi: 10.1038/nbt.2199. | |
| 11 | 2011 | Arabidopsis | University of Minnesota, MN, USA |
| PMID:21493687 | | Efficient design and assembly of custom TALEN and other TAL effector-based constructs for DNA targeting. Cermak T, Doyle EL, Christian M, Wang L, Zhang Y, Schmidt C, Baller JA, Somia NV, Bogdanove AJ, Voytas DF. Nucleic Acids Res. 2011 Jul;39(12):e82. doi: 10.1093/nar/gkr218. Epub 2011 Apr 14. | |

2014: data of 2014/1/1~3/5

表13. NBT 応用植物に関する文献調査結果(CRISPR)

keywords: CRISPR/cas9/plant/arabidopsis/nicotiana

| ID | Year | Applied plant species | Affiliation, country |
|---------------|------|--|--|
| Identifiers | | Title | |
| | | Description | |
| | | Details | |
| 1 | 2014 | Zea mays | Chinese Academy of Sciences, Beijing, China |
| PMID:24576457 | | Targeted Mutagenesis in Zea mays Using TALENs and the CRISPR/Cas System. Liang Z, Zhang K, Chen K, Gao C. J Genet Genomics. 2014 Feb 20;41(2):63-8. doi: 10.1016/j.jgg.2013.12.001. Epub 2013 Dec 14. | |
| 2 | 2014 | Arabidopsis | Chinese Academy of Sciences, Shanghai, China |
| PMID:24550464 | | Multigeneration analysis reveals the inheritance, specificity, and patterns of CRISPR/Cas-induced gene modifications in Arabidopsis. Feng Z, Mao Y, Xu N, Zhang B, Wei P, Yang DL, Wang Z, Zhang Z, Zheng R, Yang L, Zeng L, Liu X, Zhu JK. Proc Natl Acad Sci U S A. 2014 Feb 18. [Epub ahead of print] | |
| 3 | 2014 | Liverwort | Kyoto University, Kyoto, Japan |
| PMID:24443494 | | CRISPR/Cas9-Mediated Targeted Mutagenesis in the Liverwort Marchantia polymorpha L. Sugano SS, Shirakawa M, Takagi J, Matsuda Y, Shimada T, Hara-Nishimura I, Kohchi T. Plant Cell Physiol. 2014 Feb 20. [Epub ahead of print] | |
| 4 | 2013 | crop | Chinese Academy of Sciences, Beijing, China |
| PMID:24277082 | | Targeted genome modification technologies and their applications in crop improvements. Chen K, Gao C. Plant Cell Rep. 2013 Nov 24. [Epub ahead of print] | |
| 5 | 2013 | wheat | Government of India, Punjab, India |
| PMID:24122057 | | RNA-guided genome editing for target gene mutations in wheat. Upadhyay SK, Kumar J, Alok A, Tuli R. G3 (Bethesda). 2013 Dec 9;3(12):2233-8. doi: 10.1534/g3.113.008847. | |
| 6 | 2013 | model and crop plants | The Sainsbury Laboratory, Norwich, UK |
| PMID:24112467 | | Plant genome editing made easy: targeted mutagenesis in model and crop plants using the CRISPR/Cas system. Belhaj K, Chaparro-Garcia A, Kamoun S, Nekrasov V. Plant Methods. 2013 Oct 11;9(1):39. doi: 10.1186/1746-4811-9-39. | |
| 7 | 2013 | rice | Peking University, Beijing, China |
| PMID:23999856 | | Targeted mutagenesis in rice using CRISPR-Cas system. Miao J, Guo D, Zhang J, Huang Q, Qin G, Zhang X, Wan J, Gu H, Qu LJ. Cell Res. 2013 Oct;23(10):1233-6. doi: 10.1038/cr.2013.123. Epub 2013 Sep 3. | |
| 8 | 2013 | Arabidopsis, tobacco, sorgl | Iowa State University, IA, USA. |
| PMID:23999092 | | Demonstration of CRISPR/Cas9/sgRNA-mediated targeted gene modification in Arabidopsis, tobacco, sorghum and rice. Jiang W, Zhou H, Bi H, Fromm M, Yang B, Weeks DP. Nucleic Acids Res. 2013 Nov 1;41(20):e188. doi: 10.1093/nar/gkt780. Epub 2013 Sep 2. | |
| 9 | 2013 | (plant) | Chinese Academy of Sciences, Shanghai, China |
| PMID:23963532 | | Application of the CRISPR-Cas system for efficient genome engineering in plants. Mao Y, Zhang H, Xu N, Zhang B, Gou F, Zhu JK. Mol Plant. 2013 Nov;6(6):2008-11. doi: 10.1093/mp/sst121. Epub 2013 Aug 22. | |
| 10 | 2013 | rice | Pennsylvania State University, PA, USA |
| PMID:23956122 | | RNA-guided genome editing in plants using a CRISPR-Cas system. Xie K, Yang Y. Mol Plant. 2013 Nov;6(6):1975-83. doi: 10.1093/mp/sst119. Epub 2013 Aug 17. | |
| 11 | 2013 | Arabidopsis, rice | Chinese Academy of Sciences, Shanghai, China |
| PMID:23958582 | | Efficient genome editing in plants using a CRISPR/Cas system. Feng Z, Zhang B, Ding W, Liu X, Yang DL, Wei P, Cao F, Zhu S, Zhang F, Mao Y, Zhu JK. Cell Res. 2013 Oct;23(10):1229-32. doi: 10.1038/cr.2013.114. Epub 2013 Aug 20. | |
| 12 | 2013 | crop plants | Chinese Academy of Sciences, Beijing, China |
| PMID:23929338 | | Targeted genome modification of crop plants using a CRISPR-Cas system. Shan Q, Wang Y, Li J, Zhang Y, Chen K, Liang Z, Zhang K, Liu J, Xi JJ, Qiu JL, Gao C. Nat Biotechnol. 2013 Aug;31(8):686-8. doi: 10.1038/nbt.2650. | |
| 13 | 2013 | Nicotiana benthamiana | The Sainsbury Laboratory, Norwich, UK |
| PMID:23929340 | | Targeted mutagenesis in the model plant Nicotiana benthamiana using Cas9 RNA-guided endonuclease. Nekrasov V, Staskawicz B, Weigel D, Jones JD, Kamoun S. Nat Biotechnol. 2013 Aug;31(8):691-3. doi: 10.1038/nbt.2655. | |
| 14 | 2013 | Arabidopsis and Nicotiana | Massachusetts General Hospital, MA, USA |
| PMID:23929339 | | Multiplex and homologous recombination-mediated genome editing in Arabidopsis and Nicotiana benthamiana using guide RNA and Cas9. Li JF, Norville JE, Aach J, McCormack M, Zhang D, Bush J, Church GM, Sheen J. Nat Biotechnol. 2013 Aug;31(8):688-91. doi: 10.1038/nbt.2654. | |

2014: data of 2014/1/1~3/5

表14. NBT 関連論文一覧(ZFN、植物への実施報告以外)

keywords: ZFN/zinc finger nuclease/plant

| ID | Year | ShortDetails | Title | Identifiers |
|----|------|----------------------------------|--|---------------|
| 1 | 2014 | Virus Genes. 2014 | Inhibiting replication of begomoviruses using artificial zinc finger nucleases that target viral-conserved nucleotide motif. | PMID:24474330 |
| 2 | 2014 | Plant Cell. 2014 | DNA replicons for plant genome engineering. | PMID:24443519 |
| 3 | 2013 | Plant Biotechnol J. 2013 | Trait stacking via targeted genome editing. | PMID:23953646 |
| 4 | 2013 | Sci Rep. 2013 | Expanded activity of dimer nucleases by combining ZFN and TALEN for genome editing. | PMID:23921522 |
| 5 | 2013 | Curr Protoc Mol Biol. 2013 | Engineering customized TALE nucleases (TALENs) and TALE transcription factors by fast ligation-based automatable solid-phase high-throughput (FLASH) assembly. | PMID:23821439 |
| 6 | 2013 | Plant Mol Biol. 2013 | A rapid assay to quantify the cleavage efficiency of custom-designed nucleases in planta. | PMID:23625357 |
| 7 | 2013 | Plant Physiol. 2013 | Nonhomologous end joining-mediated gene replacement in plant cells. | PMID:23509176 |
| 8 | 2013 | Nucleic Acids Res. 2013 | EENdb: a database and knowledge base of ZFNs and TALENs for endonuclease engineering. | PMID:23203870 |
| 9 | 2013 | Plant J. 2013 | Nuclear gene targeting in Chlamydomonas using engineered zinc-finger nucleases. | PMID:23137232 |
| 10 | 2013 | Transgenic Res. 2013 | Analysing patent landscapes in plant biotechnology and new plant breeding techniques. | PMID:2289309 |
| 11 | 2012 | Dev Growth Differ. 2012 | Efficient targeted mutagenesis of the chordate <i>Ciona intestinalis</i> genome with zinc-finger nucleases. | PMID:22640377 |
| 12 | 2012 | Methods Mol Biol. 2012 | Targeting DNA to a previously integrated transgenic locus using zinc finger nucleases. | PMID:22351024 |
| 13 | 2012 | Plant Physiol. 2012 | Zinc finger nuclease and homing endonuclease-mediated assembly of multigene plant transformation vectors. | PMID:22082504 |
| 14 | 2012 | J Anim Sci. 2012 | Cell Biology Symposium: Zinc finger nucleases to create custom-designed modifications in the swine (<i>Sus scrofa</i>) genome. | PMID:22038991 |
| 15 | 2011 | Plant J. 2011 | Localized egg-cell expression of effector proteins for targeted modification of the Arabidopsis genome. | PMID:21848915 |
| 16 | 2011 | Plant Biotechnol Rep. 2011 | Targeted genome engineering via zinc finger nucleases. | PMID:21837253 |
| 17 | 2011 | Trends Biotechnol. 2011 | Permanent genome modifications in plant cells by transient viral vectors. | PMID:21536337 |
| 18 | 2011 | Yi Chuan. 2011 | [The mechanism and application of zinc finger nucleases]. | PMID:21377968 |
| 19 | 2011 | BMC Genomics. 2011 | ZFNGenome: a comprehensive resource for locating zinc finger nuclease target sites in model organisms. | PMID:21276248 |
| 20 | 2011 | Nat Methods. 2011 | Selection-free zinc-finger-nuclease engineering by context-dependent assembly (CoDA). | PMID:21151135 |
| 21 | 2011 | J Mol Biol. 2011 | Creating designed zinc-finger nucleases with minimal cytotoxicity. | PMID:21094162 |
| 23 | 2011 | Nucleic Acids Res. 2011 | Zinc finger protein-dependent and -independent contributions to the in vivo off-target activity of zinc finger nucleases. | PMID:20843781 |
| 22 | 2010 | Plant Physiol. 2010 | Nontransgenic genome modification in plant cells. | PMID:20876340 |
| 24 | 2010 | Methods Mol Biol. 2010 | Validation and expression of zinc finger nucleases in plant cells. | PMID:20680844 |
| 25 | 2010 | Methods Mol Biol. 2010 | A transient assay for monitoring zinc finger nuclease activity at endogenous plant gene targets. | PMID:20680843 |
| 26 | 2010 | Plant Mol Biol. 2010 | Zinc finger nuclease-mediated transgene deletion. | PMID:20454835 |
| 28 | 2010 | PLoS One. 2010 | Generation of knockout rats with X-linked severe combined immunodeficiency (X-SCID) using zinc-finger nucleases. | PMID:20111598 |
| 29 | 2010 | Genome Res. 2010 | Targeted chromosomal deletions in human cells using zinc finger nucleases. | PMID:19952142 |
| 27 | 2009 | J Soc Biol. 2009 | [Applications of genetically modified animals]. | PMID:20122391 |
| 30 | 2009 | Methods Mol Biol. 2009 | Custom-designed molecular scissors for site-specific manipulation of the plant and mammalian genomes. | PMID:19488728 |
| 31 | 2009 | Nature. 2009 | High-frequency modification of plant genes using engineered zinc-finger nucleases. | PMID:19404258 |
| 32 | 2009 | PLoS One. 2009 | Rapid mutation of endogenous zebrafish genes using zinc finger nucleases made by Oligomerized Pool ENGINEERING (OPEN). | PMID:19198653 |
| 33 | 2009 | Plant Mol Biol. 2009 | Targeted transgene integration in plant cells using designed zinc finger nucleases. | PMID:19112554 |
| 34 | 2009 | Plant J. 2009 | A toolbox and procedural notes for characterizing novel zinc finger nucleases for genome editing in plant cells. | PMID:18980651 |
| 35 | 2008 | Proc Natl Acad Sci U S A. 2008 | Increasing cloning possibilities using artificial zinc finger nucleases. | PMID:18725642 |
| 36 | 2008 | Mol Cell. 2008 | Rapid open-source" engineering of customized zinc-finger nucleases for highly efficient gene modification." | PMID:18657511 |
| 37 | 2008 | FEBS Lett. 2008 | Ribonuclease activity is a common property of Arabidopsis CCH-containing zinc-finger proteins. | PMID:18582464 |
| 38 | 2008 | Arch Biochem Biophys. 2008 | Redox and heavy metal effects on the biochemical activities of an Arabidopsis polyadenylation factor subunit. | PMID:18331819 |
| 39 | 2007 | Cell Mol Life Sci. 2007 | Custom-designed zinc finger nucleases: what is next? | PMID:17763826 |
| 40 | 2007 | Nucleic Acids Res. 2007 | A novel endonuclease activity associated with the Arabidopsis ortholog of the 30-kDa subunit of cleavage and polyadenylation specificity factor. | PMID:17576667 |
| 41 | 2006 | Trends Plant Sci. 2006 | Gene targeting in plants: fingers on the move. | PMID:16530459 |
| 42 | 2005 | Plant J. 2005 | High-frequency homologous recombination in plants mediated by zinc-finger nucleases. | PMID:16262717 |
| 43 | 2005 | Nucleic Acids Res. 2005 | Zinc finger nucleases: custom-designed molecular scissors for genome engineering of plant and mammalian cells. | PMID:16251401 |
| 44 | 2005 | Biochem Biophys Res Commun. 2005 | Design, engineering, and characterization of zinc finger nucleases. | PMID:16084494 |

2014: data of 2014/1/1-3/5

表15. NBT 関連論文一覧(TALEN、植物への実施報告以外)

keywords: TALEN(s)/TAL effector/plant

| No. | Year | ShortDetails | Title | Identifiers |
|-----|------|------------------------------------|--|---------------|
| 1 | 2014 | PLoS Pathog. 2014 | Code-Assisted Discovery of TAL Effector Targets in Bacterial Leaf Streak of Rice Reveals Contrast with Bacterial Blight and a Novel Susceptibility Gene. | PMID:24586171 |
| 2 | 2014 | Mol Plant Pathol. 2014 | The last half-repeat of transcription activator-like effector is dispensable and thereby TALE-based technology can be simplified. | PMID:24521457 |
| 3 | 2014 | Planta. 2014 | Precision genetic modifications: a new era in molecular biology and crop improvement. | PMID:24510124 |
| 4 | 2014 | Plant Cell. 2014 | The Rice TAL Effector-Dependent Resistance Protein XA10 Triggers Cell Death and Calcium Depletion in the Endoplasmic Reticulum. | PMID:2448961 |
| 5 | 2014 | Proc Natl Acad Sci U S A. 2014 | Lateral organ boundaries 1 is a disease susceptibility gene for citrus bacterial canker disease. | PMID:24474801 |
| 6 | 2014 | Biochem Biophys Res Commun. 2014 | TALE activators regulate gene expression in a position- and strand-dependent manner in mammalian cells. | PMID:24380858 |
| 7 | 2013 | PLoS One. 2013 | TAL Effector Specificity for base 0 of the DNA Target Is Altered in a Complex, Effector- and Assay-Dependent Manner by Substitutions for the Tryptophan in Cryptic Repeat -1. | PMID:24312634 |
| 8 | 2013 | Mol Plant Pathol. 2013 | The broad bacterial blight resistance of rice line CBB23 is triggered by a novel transcription activator-like (TAL) effector of <i>Xanthomonas oryzae</i> pv. <i>oryzae</i> . | PMID:24286630 |
| 9 | 2013 | PLoS One. 2013 | ULTIMATE system for rapid assembly of customized TAL effectors. | PMID:24228087 |
| 10 | 2013 | Int J Dev Biol. 2013 | Gene targeting in plants: 25 years later. | PMID:24166445 |
| 11 | 2013 | Int J Dev Biol. 2013 | From Agrobacterium to viral vectors: genome modification of plant cells by rare cutting restriction enzymes. | PMID:24166446 |
| 12 | 2013 | Sci Rep. 2013 | Expanded activity of dimer nucleases by combining ZFN and TALEN for genome editing. | PMID:23921522 |
| 13 | 2013 | New Phytol. 2013 | Five phylogenetically close rice SWEET genes confer TAL effector-mediated susceptibility to <i>Xanthomonas oryzae</i> pv. <i>oryzae</i> . | PMID:23879865 |
| 14 | 2013 | PLoS One. 2013 | An improved method for TAL effectors DNA-binding sites prediction reveals functional convergence in TAL repertoires of <i>Xanthomonas oryzae</i> strains. | PMID:23869221 |
| 15 | 2013 | Curr Protoc Mol Biol. 2013 | Engineering customized TALE nucleases (TALENs) and TALE transcription factors by fast ligation-based automatable solid-phase high-throughput (FLASH) assembly. | PMID:23821439 |
| 16 | 2013 | J Genet Genomics. 2013 | TALENs: customizable molecular DNA scissors for genome engineering of plants. | PMID:23790626 |
| 17 | 2013 | Annu Rev Phytopathol. 2013 | Engineering plant disease resistance based on TAL effectors. | PMID:23725472 |
| 18 | 2013 | Trends Cell Biol. 2013 | TAL effectors: highly adaptable phyto-bacterial virulence factors and readily engineered DNA-targeting proteins. | PMID:23707478 |
| 19 | 2013 | New Phytol. 2013 | Breaking the DNA-binding code of <i>Ralstonia solanacearum</i> TAL effectors provides new possibilities to generate plant resistance genes against bacterial wilt disease. | PMID:23692030 |
| 20 | 2013 | BMC Biotechnol. 2013 | Less is more: strategies to remove marker genes from transgenic plants. | PMID:23617583 |
| 21 | 2013 | Nat Commun. 2013 | Compact designer TALENs for efficient genome engineering. | PMID:23612303 |
| 22 | 2013 | PLoS Comput Biol. 2013 | Computational predictions provide insights into the biology of TAL effector target sites. | PMID:23526890 |
| 23 | 2013 | Mol Plant. 2013 | Characterization and DNA-binding specificities of <i>Ralstonia</i> TAL-like effectors. | PMID:23300258 |
| 24 | 2013 | World J Microbiol Biotechnol. 2013 | Identification of non-TAL effectors in <i>Xanthomonas oryzae</i> pv. <i>oryzae</i> Chinese strain 13751 and analysis of their role in the bacterial virulence. | PMID:23296915 |
| 25 | 2013 | Nucleic Acids Res. 2013 | EENdb: a database and knowledge base of ZFNs and TALENs for endonuclease engineering. | PMID:23203870 |
| 26 | 2012 | Proc Natl Acad Sci U S A. 2012 | RNA-seq pinpoints a <i>Xanthomonas</i> TAL-effector activated resistance gene in a large-crop genome. | PMID:23132937 |
| 27 | 2012 | Curr Protoc Mol Biol. 2012 | Engineering designer transcription activator-like effector nucleases (TALENs) by REAL or REAL-Fast assembly. | PMID:23026907 |
| 28 | 2012 | New Phytol. 2012 | Addition of transcription activator-like effector binding sites to a pathogen strain-specific rice bacterial blight resistance gene makes it effective against additional strains and against bacterial leaf streak. | PMID:22747776 |
| 29 | 2012 | Nucleic Acids Res. 2012 | TAL Effector-Nucleotide Targeter (TALE-NT) 2.0: tools for TAL effector design and target prediction. | PMID:22693217 |
| 30 | 2012 | PLoS One. 2012 | The TAL effector PthA4 interacts with nuclear factors involved in RNA-dependent processes including a HMG protein that selectively binds poly(U) RNA. | PMID:22384209 |
| 31 | 2012 | Plant Mol Biol. 2012 | Rapid and highly efficient construction of TALE-based transcriptional regulators and nucleases for genome modification. | PMID:22271303 |
| 32 | 2012 | Nat Protoc. 2012 | A transcription activator-like effector toolbox for genome engineering. | PMID:22222791 |
| 33 | 2012 | Science. 2012 | The crystal structure of TAL effector PthXo1 bound to its DNA target. | PMID:22223736 |
| 34 | 2012 | Microbiology. 2012 | Identification of seven <i>Xanthomonas oryzae</i> pv. <i>oryzae</i> genes potentially involved in pathogenesis in rice. | PMID:22075022 |
| 35 | 2011 | GM Crops. 2011 | TALE nucleases and next generation GM crops. | PMID:21865862 |
| 36 | 2011 | Mol Plant Microbe Interact. 2011 | Colonization of rice leaf blades by an African strain of <i>Xanthomonas oryzae</i> pv. <i>oryzae</i> depends on a new TAL effector that induces the rice nodulin-3 Os11N3 gene. | PMID:21679014 |
| 37 | 2011 | Mol Plant Microbe Interact. 2011 | A novel regulatory role of HrpD6 in regulating hrp-hrc-hpa genes in <i>Xanthomonas oryzae</i> pv. <i>oryzae</i> . | PMID:21615204 |
| 38 | 2011 | Appl Environ Microbiol. 2011 | Hpa2 required by HrpF to translocate <i>Xanthomonas oryzae</i> transcriptional activator-like effectors into rice for pathogenicity. | PMID:21478322 |
| 39 | 2011 | Curr Opin Microbiol. 2011 | TAL effectors are remote controls for gene activation. | PMID:21215685 |
| 40 | 2011 | Mol Plant. 2011 | Characterization of <i>Xanthomonas oryzae</i> -responsive cis-acting element in the promoter of rice race-specific susceptibility gene Xa13. | PMID:21208999 |
| 41 | 2010 | Virulence. 2010 | TAL effector-DNA specificity. | PMID:21178484 |
| 42 | 2010 | Plant Cell. 2010 | Rice xa13 recessive resistance to bacterial blight is defeated by induction of the disease susceptibility gene Os-11N3. | PMID:21098734 |
| 43 | 2010 | Genetics. 2010 | Targeting DNA double-strand breaks with TAL effector nucleases. | PMID:20660643 |
| 44 | 2010 | Mol Plant Microbe Interact. 2010 | Mutagenesis of 18 type III effectors reveals virulence function of XopZ(PXO99) in <i>Xanthomonas oryzae</i> pv. <i>oryzae</i> . | PMID:20521952 |
| 45 | 2010 | New Phytol. 2010 | Promoter elements of rice susceptibility genes are bound and activated by specific TAL effectors from the bacterial blight pathogen, <i>Xanthomonas oryzae</i> pv. <i>oryzae</i> . | PMID:20345643 |
| 46 | 2010 | Annu Rev Phytopathol. 2010 | <i>Xanthomonas</i> AvrBs3 family-type III effectors: discovery and function. | PMID:19400638 |
| 47 | 2009 | Science. 2009 | A simple cipher governs DNA recognition by TAL effectors. | PMID:19933106 |
| 48 | 2009 | Science. 2009 | Breaking the code of DNA binding specificity of TAL-type III effectors. | PMID:19933107 |
| 49 | 2009 | Proc Natl Acad Sci U S A. 2009 | A single plant resistance gene promoter engineered to recognize multiple TAL effectors from disparate pathogens. | PMID:19910532 |
| 50 | 2009 | Mol Plant Pathol. 2009 | Transcription activator-like type III effector AvrXa27 depends on OsTFIIAgamma5 for the activation of Xa27 transcription in rice that triggers disease resistance to <i>Xanthomonas oryzae</i> pv. <i>oryzae</i> . | PMID:19849788 |
| 51 | 2007 | Proc Natl Acad Sci U S A. 2007 | Two type III effector genes of <i>Xanthomonas oryzae</i> pv. <i>oryzae</i> control the induction of the host genes OsTFIIAgamma1 and OsTFX1 during bacterial blight of rice. | PMID:17563377 |

2014: data of 2014/1/1-3/5

表16. NBT 関連論文一覧(CRISPR、植物への実施報告以外)

keywords: CRISPR/cas9/plant/arabidopsis/nicotiana

| ID | Year | ShortDetails | Title | Identifiers |
|----|------|---|---|---------------|
| 1 | 2014 | Planta. 2014 | Precision genetic modifications: a new era in molecular biology and crop improvement. | PMID:24510124 |
| 2 | 2014 | Mol Plant. 2014 | Genome-Wide Prediction of Highly Specific Guide RNA Spacers for the CRISPR-Cas9-Mediated Genome Editing in Model Plants and Major Crops. | PMID:24482433 |
| 3 | 2014 | Curr Opin Struct Biol. 2014 | Fitting CRISPR-associated Cas3 into the Helicase Family Tree. | PMID:24480304 |
| 4 | 2014 | Bioinformatics. 2014 | Cas-OFFinder: a fast and versatile algorithm that searches for potential off-target sites of Cas9 RNA-guided endonucleases. | PMID:24463181 |
| 5 | 2014 | Bioinformatics. 2014 | CasOT: a genome-wide Cas9/gRNA off-target searching tool. | PMID:24389662 |
| 6 | 2014 | Appl Environ Microbiol. 2014 | CRISPRs: molecular signatures used for pathogen subtyping. | PMID:24162568 |
| 7 | 2013 | Yi Chuan. 2013 | [CRISPR/Cas: a novel way of RNA-guided genome editing]. | PMID:24579309 |
| 8 | 2013 | J Integr Plant Biol. 2013 | Self-processing of ribozyme-flanked RNAs into guide RNAs in vitro and in vivo for CRISPR-mediated genome editing. | PMID:24373158 |
| 9 | 2013 | Int J Dev Biol. 2013 | Gene targeting in plants: 25 years later. | PMID:24166445 |
| 10 | 2013 | Plant J. 2013 | Synthetic nucleases for genome engineering in plants: prospects for a bright future. | PMID:24112784 |
| 11 | 2013 | Syst Appl Microbiol. 2013 | Phylogenetic position and virulence apparatus of the pear flower necrosis pathogen <i>Erwinia piflorinigrans</i> CFBP 5888T as assessed by comparative genomics. | PMID:23726521 |
| 12 | 2013 | Mol Plant. 2013 | Zinc fingers, TAL effectors, or Cas9-based DNA binding proteins: what's best for targeting desired genome loci? | PMID:23718948 |
| 13 | 2013 | PLoS Genet. 2013 | Cytotoxic chromosomal targeting by CRISPR/Cas systems can reshape bacterial genomes and expel or remodel pathogenicity islands. | PMID:23637624 |
| 14 | 2012 | PLoS One. 2012 | In vivo protein interactions and complex formation in the <i>Pectobacterium atrosepticum</i> subtype I-F CRISPR/Cas System. | PMID:23226499 |
| 15 | 2012 | Int J Microbiol. 2012 | Advances in bacteriophage-mediated control of plant pathogens. | PMID:22934116 |
| 16 | 2012 | PLoS One. 2012 | <i>Erwinia amylovora</i> CRISPR elements provide new tools for evaluating strain diversity and for microbial source tracking. | PMID:22860008 |
| 17 | 2012 | Mol Plant Pathol. 2012 | Lipopolysaccharide biosynthesis genes discriminate between <i>Rubus</i> - and <i>Spiraeoideae</i> -infective genotypes of <i>Erwinia amylovora</i> . | PMID:22583486 |
| 18 | 2012 | PLoS One. 2012 | Identification and characterization of small RNAs in the hyperthermophilic archaeon <i>Sulfolobus solfataricus</i> . | PMID:22514725 |
| 19 | 2012 | J Biotechnol. 2012 | Insights into the completely annotated genome of <i>Lactobacillus buchneri</i> CD034, a strain isolated from stable grass silage. | PMID:22465289 |
| 20 | 2011 | Annu Rev Genet. 2011 | CRISPR-Cas systems in bacteria and archaea: versatile small RNAs for adaptive defense and regulation. | PMID:22060043 |
| 21 | 2011 | Acta Biochim Biophys Sin (Shanghai). 2011 | Characterization of the multiple CRISPR loci on <i>Streptomyces</i> linear plasmid pSHK1. | PMID:21705768 |
| 22 | 2011 | RNA Biol. 2011 | Csy4 is responsible for CRISPR RNA processing in <i>Pectobacterium atrosepticum</i> . | PMID:21519197 |
| 23 | 2011 | Appl Environ Microbiol. 2011 | Diversity, evolution, and functionality of clustered regularly interspaced short palindromic repeat (CRISPR) regions in the fire blight pathogen <i>Erwinia amylovora</i> . | PMID:21460108 |
| 24 | 2010 | BMC Genomics. 2010 | Pyrosequencing-based comparative genome analysis of the nosocomial pathogen <i>Enterococcus faecium</i> and identification of a large transferable pathogenicity island. | PMID:20398277 |
| 25 | 2009 | FEMS Microbiol Lett. 2009 | Analysis of CRISPR system function in plant pathogen <i>Xanthomonas oryzae</i> . | PMID:19459963 |
| 26 | 2009 | Immunol Rev. 2009 | RNA-based viral immunity initiated by the Dicer family of host immune receptors. | PMID:19120484 |
| 27 | 2008 | BMC Genomics. 2008 | Genome sequence and rapid evolution of the rice pathogen <i>Xanthomonas oryzae</i> pv. <i>oryzae</i> PXO99A. | PMID:18452608 |

2014: data of 2014/1/1-3/5

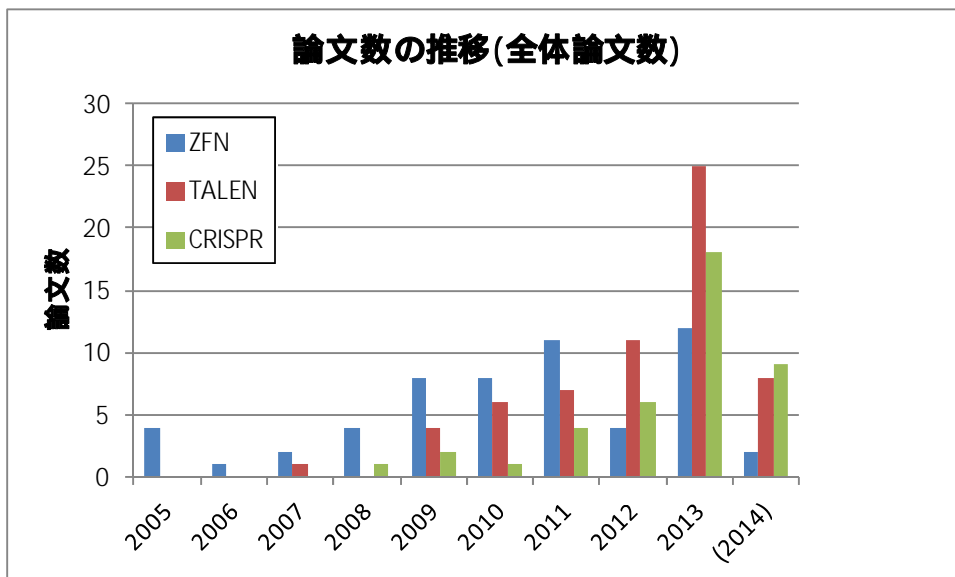


図2. NBT の植物関連論文数の推移(全体論文数)

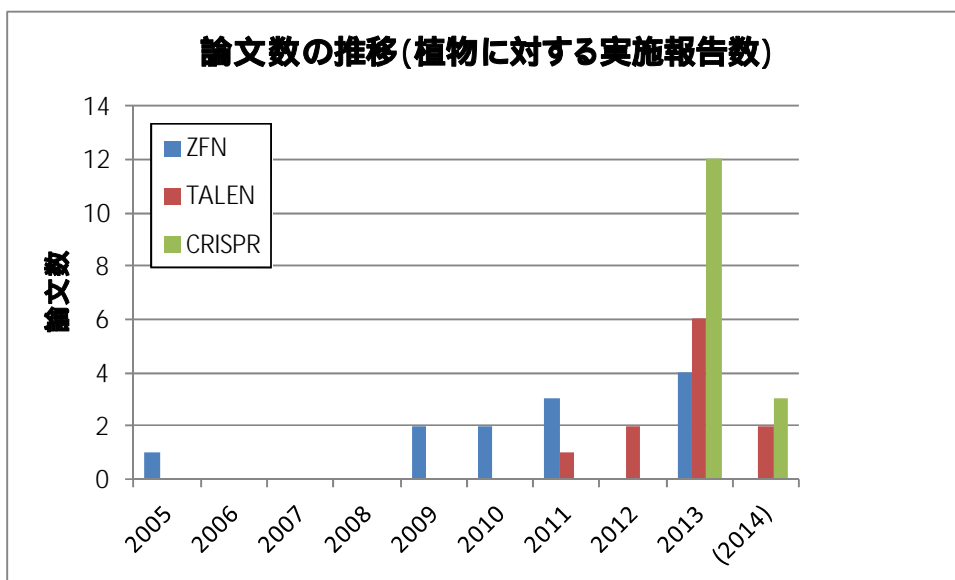


図3. NBT の植物関連論文数の推移(植物に対する実施報告数)

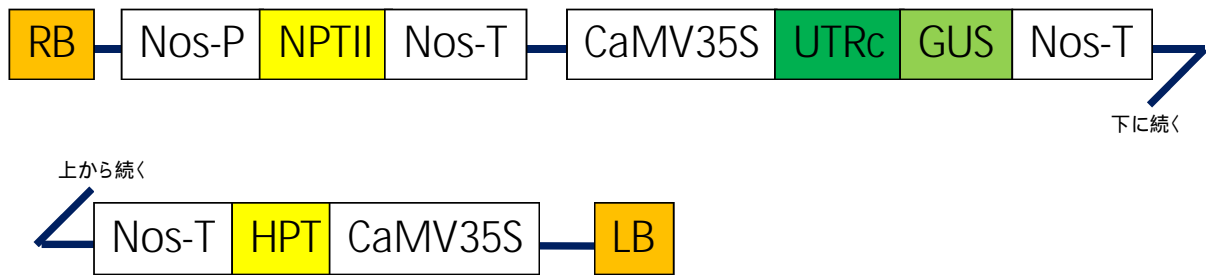


図3. UTRc::GUS riceに導入されたコンストラクトの構造（概略）

RB, LB:アグロバクテリウム由来T—DNA境界配列; NOS-P:アグロバクテリウム由来ノバリン合成酵素遺伝子プロモーター; NPTII:大腸菌由来カナマイシン耐性遺伝子; HPT:大腸菌由来ハイグロマイシン耐性遺伝子; NOS-T:アグロバクテリウム由来ノバリン合成酵素遺伝子ターミネーター; CaMV35S:カリフラワーモザイクウイルス(CaMV)由来35Sプロモーター; UTRc:イネ由来OsMacI遺伝子5'非翻訳領域(セルフクローニング); GUS:大腸菌由来β-グルクロニダーゼ遺伝子