

薬用及び環境浄化用遺伝子組換え植物の開発・生産に関する最近の動向

吉松嘉代,^{*,a} 河野徳昭,^a 川原信夫,^a 穂山 浩,^b 手島玲子,^b 西島正弘^b

Current Status of Application and Commercialization of Genetically Modified Plants for Human and Livestock Health and Phytoremediation

Kayo Yoshimatsu,^{*,a} Noriaki Kawano,^a Nobuo Kawahara,^a
Hiroshi Akiyama,^b Reiko Teshima,^b and Masahiro Nishijima^b^aResearch Center for Medicinal Plant Resources, National Institute of Biomedical Innovation;
1-2 Hachimandai, Tsukuba, Ibaraki 305-0843, Japan; and ^bNational Institute of Health
Sciences; 1-18-1 Kamiyoga, Setagaya-ku, Tokyo 158-5801, Japan.

(Received December 5, 2011; Accepted February 9, 2012; Published online February 13, 2012)

Developments in the use of genetically modified plants for human and livestock health and phytoremediation were surveyed using information retrieved from Entrez PubMed, Chemical Abstracts Service, Google, congress abstracts and proceedings of related scientific societies, scientific journals, etc. Information obtained was classified into 8 categories according to the research objective and the usage of the transgenic plants as 1: nutraceuticals (functional foods), 2: oral vaccines, 3: edible curatives, 4: vaccine antigens, 5: therapeutic antibodies, 6: curatives, 7: diagnostic agents and reagents, and 8: phytoremediation. In total, 405 cases were collected from 2006 to 2010. The numbers of cases were 120 for nutraceuticals, 65 for oral vaccines, 25 for edible curatives, 36 for vaccine antigens, 36 for therapeutic antibodies, 76 for curatives, 15 for diagnostic agents and reagents, and 40 for phytoremediation (sum of each cases was 413 because some reports were related to several categories). Nutraceuticals, oral vaccines and curatives were predominant. The most frequently used edible crop was rice (51 cases), and tomato (28 cases), lettuce (22 cases), potato (18 cases), corn (15 cases) followed.

Key words—genetically modified plant; molecular farming; nutraceutical; oral vaccine; plant-made pharmaceuticals

緒 言

1996年に世界で初めての遺伝子組換え (GM) 食品「日持ちトマト」が商品化されて以来、毎年多くの GM 作物が世界中で栽培され、食品として市場に流通している。日本での食品としての安全性審査が終了し、販売が認められている作物は、2011年9月6日現在、7作物167品種¹⁾であるが、これらの作物の多くは、除草剤耐性、害虫抵抗性、ウイルス病抵抗性、乾燥耐性など農業上有用な性質が付与された作物である (Table 1)。このような食品の場合、組換え遺伝子及びその産物は、食品の栄養成分や、その他の食品の質に係わる成分への影響を意図しないため、それらの安全性評価においては、実質的同等性に基づき、挿入遺伝子とその産物の影響を

中心に評価が行われてきた。しかし最近では、Table 1の高オレイン酸形質を持つダイズ、高リシン形質を持つトウモロコシあるいは耐熱性 α -アミラーゼを産生するトウモロコシ等のように、食品の栄養価を高めるため、あるいは機能性を持たせるための組換え遺伝子が挿入された GM 作物が開発、商品化されるようになってきており、従来の概念及び判断基準での安全性評価が困難となってきた。また、GM 植物を、医薬上重要なペプチドやタンパク質を製造するための工場として利用、あるいはそれらの成分が生産され、蓄積された植物製品そのものを病気の予防や治療に利用する試みがされるようになってきた。このような医薬品類を生産する GM 植物 (薬用 GM 植物と呼ぶこととする) も、外見上は通常の植物と変わらないため見分けがつかず、外国では一般圃場での栽培も行われている。さらに、GM 植物を土壌や地下水などの環境中に含まれる重金属等の有害物質を除去するための手段 (環

^a医薬基盤研究所薬用植物資源研究センター筑波研究部、^b国立医薬品食品衛生研究所

*e-mail: yoshimat@nibio.go.jp

Table 1. List of Products That Have Undergone Safety Assessment and Been Announced in the Official Gazette (Department of Food Safety, MHLW As of 6 Sep. 2011, 167 Crops)

作物 Crops (品種数 number)	性質 Trait	品種数 number	開発者 Developer (国名 Country)
ジャガイモ Potato (8)	害虫抵抗性 Insect resistant	2	Monsanto Company (米国 USA)
	害虫抵抗性+ウイルス抵抗性 Insect & Virus resistant	6	Monsanto Company (米国 USA)
ダイズ Soybean (9)	除草剤耐性 Herbicide tolerant	5	Monsanto Company (米国 USA), Pioneer Hi-Bred International Inc. (米国 USA), Bayer CropScience (ドイツ Germany)
	害虫抵抗性 Insect resistant	1	Monsanto Company (米国 USA)
	除草剤耐性+害虫抵抗性 Herbicide tolerant, Insect resistant	1	Monsanto Company (米国 USA)
	高オレイン酸 High oleic acid	2	Pioneer Hi-Bred International Inc. (米国 USA), Optimum Quality Grains LLC (米国 USA)
テンサイ Sugar Beet (3)	除草剤耐性 Herbicide tolerant	3	Monsanto Company (米国 USA), KWS Saat AG (ドイツ Germany), Syngenta Seeds AG (スイス Switzerland), Bayer CropScience (ドイツ Germany)
トウモロコシ Corn (102)	除草剤耐性 Herbicide tolerant	6	Monsanto Company (米国 USA), Bayer CropScience (ドイツ Germany)
	害虫抵抗性 Insect resistant	8	Monsanto Company (米国 USA), Syngenta Seeds (スイス Switzerland)
	除草剤耐性+害虫抵抗性 Herbicide tolerant, Insect resistant	72	Monsanto Company (米国 USA), Pioneer Hi-Bred International Inc. (米国 USA), Optimum Quality Grains LLC (米国 USA), Mycogen Seeds (米国 USA), Dow AgroSciences LLC. (米国 USA), Syngenta Seeds (スイス Switzerland)
	乾燥耐性 Drought tolerant	1	Monsanto Company (米国 USA)
	乾燥耐性+除草剤耐性 Drought tolerant, Herbicide tolerant	1	Monsanto Company (米国 USA)
	乾燥耐性+害虫抵抗性 Drought tolerant, Insect resistant	1	Monsanto Company (米国 USA)
	乾燥耐性+除草剤耐性+害虫抵抗性 Drought tolerant, Herbicide tolerant, Insect resistant	3	Monsanto Company (米国 USA)
	高リシン High lysine	1	Renessen LLC. (米国 USA)
	高リシン+害虫抵抗性 High lysine, Insect resistant	1	Renessen LLC. (米国 USA)
	耐熱性 α -アミラーゼ産生 Thermostable α -amylase	1	Syngenta Seeds (スイス Switzerland)
	耐熱性 α -アミラーゼ産生+害虫抵抗性 Thermostable α -amylase, Insect resistant	1	Syngenta Seeds (スイス Switzerland)
	耐熱性 α -アミラーゼ産生+除草剤耐性+害虫抵抗性 Thermostable α -amylase, Herbicide tolerant, Insect resistant	6	Syngenta Seeds (スイス Switzerland)
ナタネ Rapeseed (18)	除草剤耐性 Herbicide tolerant	14	Monsanto Company (米国 USA), Bayer CropScience (ドイツ Germany)
	除草剤耐性+雄性不稔性 Herbicide tolerant, Male sterility	2	Bayer CropScience (ドイツ Germany)
	除草剤耐性+稔性回復性 Herbicide tolerant, Recovering male sterility	2	Bayer CropScience (ドイツ Germany)
ワタ Cotton (24)	除草剤耐性 Herbicide tolerant	9	Monsanto Company (米国 USA), Stoneville Pedigreed Seed (米国 USA), Bayer CropScience (ドイツ Germany)
	害虫抵抗性 Insect resistant	4	Monsanto Company (米国 USA)
	除草剤耐性+害虫抵抗性 Herbicide tolerant, Insect resistant	11	Monsanto Company (米国 USA), Bayer CropScience (ドイツ Germany), Micogen Seeds (米国 USA), AgroSciences LLC (米国 USA)
アルファルファ Alfalfa (3)	除草剤耐性 Herbicide tolerant	3	Monsanto Company (米国 USA), Forage Genetic Inc. (米国 USA)

境浄化用 GM 植物と呼ぶこととする) とする研究も進められている。

意図的に特定成分を生産・蓄積させた、又は医薬品類を生産する薬用 GM 植物や、あるいは環境中の有害物質が蓄積された環境浄化用 GM 植物が誤って食用作物に混入し、一般の食品として摂取された場合、生産物あるいは蓄積物の種類によっては健康被害等の重大な問題を引き起こす恐れがある。したがって、以上のような薬用及び環境浄化用 GM 植物の開発状況及び実態を調査し、把握しておくことは、食品の安全性確保の見地から非常に重要である。本調査研究では、食品の安全性評価基準作成の一助とするため、2006 年から 2010 年までの薬用及び環境浄化用 GM 植物の開発・生産・商品化に関する情報を収集整理し、カテゴリー別の分類を行った。

方 法

GM 植物のうち、人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」の範囲と位置づけた。また、近年、牛、豚、鶏等の家畜は、人畜共通の感染症の報告があることから、これらの家畜の健康に影響を与える植物も、「薬用 GM 植物」の範囲とした。さらに、環境中（土壌、地下水など）の汚染物質（重金属、残留農薬、残留肥料、有害有機化合物など）に耐性を示す、あるいは吸収する能力が付与された植物を「環境浄化用 GM 植物」の範囲と定めた。2006–2010 年に公表された薬用及び環境浄化用 GM 植物に関する情報を文献データベース (Entrez PubMed, SciFinder®)、インターネット検索 (Google)、関連学会講演要旨集、雑誌等を用いて調査し、得られた情報は、カテゴリー別に整理し、分類した。各年度の調査媒体を Table 2 に示

Table 2. List of Media Reviewed for GM Plants Developed for Pharmaceuticals and Phytoremediation from 2006 to 2010

年 Year	Media
2006	• SciFinder® (キーワード Keyword : transgenic plant) • PubMed (キーワード Keyword : transgenic plant) • 日本農芸化学会 2006 年度大会 (京都) 講演要旨集 Annual Meeting of Japan Society for Bioscience, Biotechnology, and Agrochemistry 2006 Abstract • 第 24 回日本植物細胞分子生物学会大会・シンポジウム (つくば) 講演要旨集 The 24th Annual Meeting of the Japanese Society of Plant Cell and Molecular Biology Abstract
2007	• SciFinder® (キーワード Keyword : transgenic plant) • 第 25 回日本植物細胞分子生物学会大会・シンポジウム (千葉) 講演要旨集 The 25th Annual Meeting of the Japanese Society of Plant Cell and Molecular Biology Abstract
2008	• SciFinder® (キーワード Keyword : transgenic plant) • 第 26 回日本植物細胞分子生物学会大会・シンポジウム (大阪) 講演要旨集 The 26th Annual Meeting of the Japanese Society of Plant Cell and Molecular Biology Abstract • 第 26 回バイオテクノロジーシンポジウム (植物利用物質生産／糖鎖機能活用技術開発、疾患制御遺伝子探索／AD 総合診断体系実用化) 予稿集 The 26th Biotechnology symposium preprint • World Congress on In Vitro Biology, Tucson (Jun. 14–18) 2008 Abstract
2009	• SciFinder® (キーワード Keyword : transgenic plant) • 日本農芸化学会 2009 年度大会 (福岡) 講演要旨集 Annual Meeting of Japan Society for Bioscience, Biotechnology, and Agrochemistry 2009 Abstract • 第 27 回日本植物細胞分子生物学会大会・シンポジウム (藤沢) 講演要旨集 The 27th Annual Meeting of the Japanese Society of Plant Cell and Molecular Biology Abstract • 第 27 回バイオテクノロジーシンポジウム (植物利用物質生産／糖鎖機能活用技術開発、疾患制御遺伝子探索／AD 総合診断体系実用化) 予稿集 The 27th Biotechnology symposium preprint
2010	• SciFinder® (キーワード Keyword : transgenic plant) • 第 28 回日本植物細胞分子生物学会大会・シンポジウム (仙台) 講演要旨集 The 28th Annual Meeting of the Japanese Society of Plant Cell and Molecular Biology Abstract • 第 28 回バイオテクノロジーシンポジウム (植物利用物質生産／糖鎖機能活用技術開発、AD 総合診断体系実用化) 予稿集 The 28th Biotechnology symposium preprint • 12th International Association for Plant Biotechnology Congress, St. Louis, Missouri (Jan. 6–11) 2010, Abstract

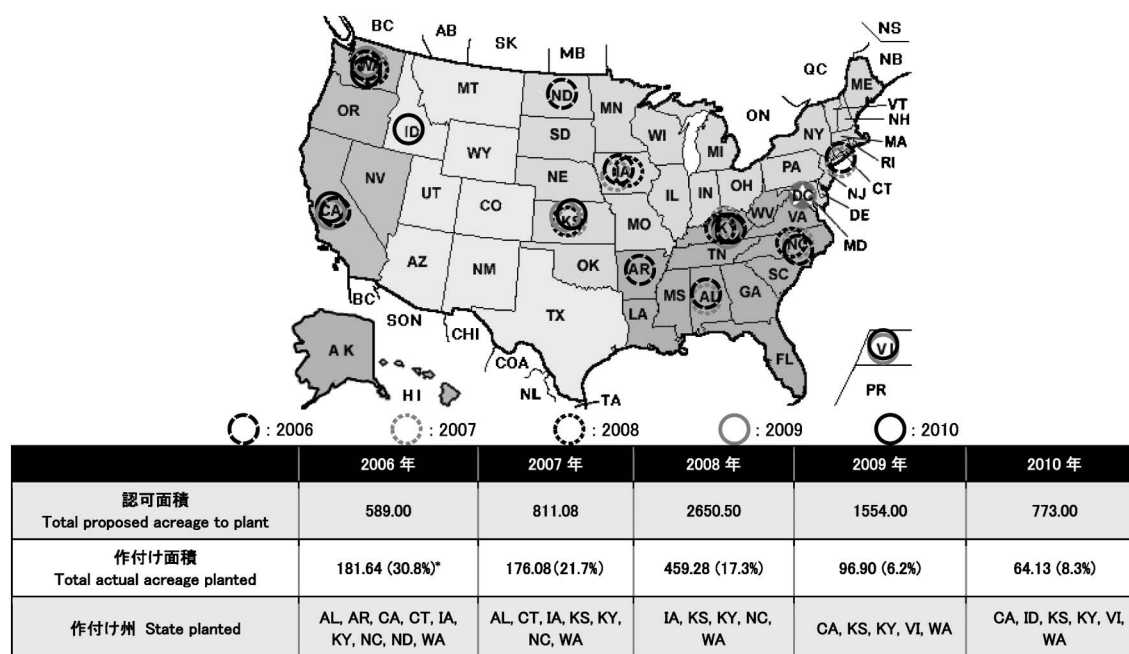
す。カテゴリーは、前報²⁾に従い、薬用 GM 植物については、そのまま口より摂取するものとして、「機能性食品」、「経口ワクチン」及び「食用医薬」、抽出・精製後使用するものとして「ワクチン抗原」、「抗体医薬」、「治療薬」及び「診断薬・試薬」の7項目を設け、さらに環境浄化用 GM 植物を「環境浄化」1項目とし、全8項目とした。

結 果

1. 2006-2010 年の米国における薬用及び環境浄化用 GM 植物野外圃場栽培申請・認可及び作付け状況 U.S. Department of Agriculture (USDA), Animal and Plant Health Inspection Service (APHIS) の情報公開サイト Release Permits for Pharmaceuticals, Industrials, Value Added Proteins for Human Consumption, or for Phytoremediation Granted or Pending by APHIS (http://www.aphis.usda.gov/brs/ph_permits.html)³⁾で、2006 年から 2010 年までの薬用及び環境浄化用 GM 植物米国野外圃場作付け申請・認可状況を調べた (Fig. 1, 2011 年 10 月 28 日公表, ただし産業利用のための物質生産も含む)。認可面積は 2008 年までは年々増加し、特に 2008 年是对 2007 年 327% の 2650.50 エーカーの認

可面積であったが、その後は減少し、2010 年は 2007 年の認可面積に近い 773.00 エーカーであった。実際に作付けが行われた面積は認可面積よりも小さく、その割合 (作付け面積/認可面積×100) は、2006 年が最大 (30.8%) で、2009 年以降は 10% 以下であった (2009 年: 6.2%, 2010 年: 8.3%)。最も作付け面積が大きかったのは 2008 年の 459.28 エーカーであり、2010 年は 64.13 エーカーに減少した (Fig. 1)。

2006 年から 2010 年に米国野外圃場に作付けされた薬用及び環境浄化用 GM 植物の状況 (企業等名, 作物, 生産物, ただし産業利用のための物質生産も含む)³⁾を Table 3 に示す。企業等のうち, Kentucky BioProcessing 社は, 非 GM タバコ植物に組換え遺伝子を有するタバコモザイクウイルスを接種・感染させて物質生産を行っており, GM 植物ではないが, 組換え遺伝子 (GM 植物ウイルス) が利用されていることから, 本データに加えられている。2006 年は 9 社 (大学を含む), 2007 年と 2008 年は 5 社, 2009 年と 2010 年は 6 社が野外圃場栽培を行っている。食用作物としては, トウモロコシ, エンドウ, ペニバナ, イネ及びオオムギの作付けが行われ, 導入遺伝子産物又は生産物は, 環境浄化用酵素 (水銀



* 作付け面積 Total actual acreage planted/認可面積 Total proposed acreage to plant×100

Fig. 1. Release Permits for Pharmaceuticals, Industrials, Value Added Proteins for Human Consumption, or for Phytoremediation Granted by Animal and Plant Health Inspection Service, U.S. Department of Agriculture from 2006 to 2010

イオン還元酵素, 有機水銀分解酵素, チトクローム P450), 工業用酵素 (エンドグルカナーゼ: バイオエタノール生産, レニン: チーズ生産, セリンプロテアーゼ不活性型前駆体), 医療用酵素 (リゾチーム), 免疫抗原 (大腸菌易熱性腸管毒素 B サブユニット, B 型肝炎ウイルス外殻タンパク質表面抗原), 抗体 (抗虫菌菌, 抗カゼウイルス), ホルモン (コイ成長ホルモン), 医療用タンパク質 (ラクトフェリン, ヒト血清アルブミン, ウシ肺アプロチニン, レクチン様タンパク質: 抗ウイルス作用), 生分解性プラスチック (ポリ β ヒドロキシブチレート), 機能性タンパク質 (ブラゼイン: 甘味タンパク質) であった。

Table 3 の企業等のうち, 2006 年の野外圃場作付けを行った Chlorogen, Inc. は 2007 年 9 月に事業を停止し, Novoplant はホームページへのアクセスが不可となっている。2009 年及び 2010 年に野外圃場での GM トウモロコシ作付けを行った Applied Biotechnology Institute のホームページの Publication リスト⁴⁾には, 2002 年 11 月に医薬品類を生産するトウモロコシが後作の非 GM 大豆に混入する事件を起こし, 倒産した Prodigene 社の論文⁵⁾が含まれている。

2. 2006–2010 年に公表・出版された薬用及び環境浄化用 GM 植物に関する論文等

2-1. 薬用及び環境浄化用 GM 植物に関する論文等の分類と件数 2006–2010 年に公表・出版された薬用及び環境浄化用 GM 植物に関する論文等の情報件数は 405 件であった。^{6–412)} これらの GM 植物は, 研究・開発目的, 用途, 導入遺伝子, 宿主植物の種類が様々である。これらの GM 植物に関する情報の分類方法として, 利用方法・目的での分類と利用物質での分類が考えられるが, 本調査研究では, 利用方法・目的に基づいた分類を行った (Fig. 2)。

利用方法・目的として, そのまま食用又は経口での摂取, 抽出・精製後の利用, 栽培があり, 食用又は経口での摂取では, 機能性食品, 経口ワクチン, 食用医薬が, 抽出・精製後の利用では, ワクチン抗原, 抗体医薬, 治療薬, 診断薬・試薬が, 栽培での利用では, 環境浄化がある (Fig. 2)。

Table 4 にそれぞれのカテゴリー別研究の代表例を示す。機能性食品では, 高トリプトファン

米,^{8,16,20,24,27)} 高コエンザイム Q10 米,^{10,11,22)} ゴールデンライス (β カロテン米),^{21,25)} やミラクリントマト^{72–75,77–83)} が, 経口ワクチンでは, インフルエンザ予防米,^{132,133,135,140)} コレラ予防米,^{132,133,135–140)} B 型肝炎予防ジャガイモ,^{146–149)} ペスト予防トマト¹⁷²⁾ が, 食用医薬では, 糖尿病予防米,²⁰¹⁾ 花粉症緩和米,^{203,205,207)} アルツハイマー病予防大豆^{211–213)} が, ワクチン抗原では, インフルエンザワクチン,^{222,226–229,234,236,240,248)} 炭疽病ワクチン,²³⁰⁾ ポリオワクチン²³²⁾ が, 抗体医薬では, ヒト化抗 CD20 単クローン抗体,^{254,255)} 抗大腸がん単クローン抗体,^{258,260)} B 型肝炎抗体²⁵⁹⁾ が, 治療薬ではヒトインスリン,^{308,347)} ヒトプラスミン,²⁹¹⁾ ヒト顆粒球・マクロファージコロニー刺激因子^{293,305)} が, 診断薬・試薬では, プロテアーゼ阻害タンパク質,³⁷⁰⁾ α -アミラーゼ,³⁷¹⁾ ウシラクトフェリン³⁷²⁾ が, 環境浄化では亜硫酸耐性イネ,³⁷⁸⁾ 重金属耐性カラシナ,³⁷⁹⁾ 水銀耐性シロイヌナズナ^{389,390)} などの開発例がある。

Table 5 に年別の情報件数とその内訳を示す。研究・開発例には複数の目的での実施例があり, それらは個別に集計したため, 計 8 件の重複があり, 情報件数はのべ 413 件であった。それぞれのカテゴリーに分類した研究・開発例数は, 機能性食品 120 件, 経口ワクチン 65 件, 食用医薬 25 件, ワクチン抗原 36 件, 抗体医薬 36 件, 治療薬 76 件, 診断薬・試薬 15 件, 環境浄化 40 件であり, 機能性食品に関するものが最も多く, ついで治療薬, 経口ワクチンが多かった。

2-2. 薬用及び環境浄化用 GM 植物研究・開発に使用された作物及び実施国 Table 6 にそれぞれのカテゴリー別に使用された作物と研究・開発国の概要を示す。口からの摂取を目的とする, 機能性食品, 経口ワクチン及び食用医薬に使用された作物として非食用のシロイヌナズナ, タバコが含まれている。これらの植物は GM 植物作出・栽培方法が確立されており, 本来の目的植物での研究・開発前に, 植物中で目的遺伝子が機能し発現することを確認するために使用されることが多い。そこで, 研究目的が上記の範囲であると判断されたものは, それらのカテゴリーとして集計した。

機能性食品では, 機能性タンパク質やペプチドをコードする遺伝子を導入し, 宿主植物が本来生産しないタンパク質等を生産させる場合, 宿主植物が本

Table 3. Release Permits for Pharmaceuticals, Industrials, Value Added Proteins for Human Consumption, or for Phytoremediation Granted by Animal and Plant Health Inspection Service, U.S. Department of Agriculture from 2006 to 2010

企業等 Company	作付け作物 Crop (生産物 Product : 作付け州 State planted)				
	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年
Applied Biotechnology Institute				トウモロコシ Corn (B 型肝炎ウイルス 外殻タンパク質表面 抗原 HBsAg ^{*1} : CA)	トウモロコシ Corn (ブラゼイン Braz- zein, B 型肝炎ウイル ス外殻タンパク質表 面抗原 HBsAg ^{*1} : CA)
Chlorogen, Inc.	タバコ Tobacco ^{*2} (社外秘 CBI ^{*3} : KY)				
Edenspace Systems	タバコ Tobacco (エン ドグルカナーゼ Endoglucanase: AR)				
Iowa State University	トウモロコシ Corn (大腸菌易熱性腸管 毒素 B サブユニット LT-B ^{*4} : IA)	トウモロコシ Corn (大腸菌易熱性腸管 毒素 B サブユニット LT-B ^{*4} : IA)	トウモロコシ Corn (大腸菌易熱性腸管 毒素 B サブユニット LT-B ^{*4} : IA)		
Kentucky BioProcessing		タバコ Tobacco ^{*5} (ウシ肺アプロチニ ン bovine lung aproti- nin: KY)	タバコ Tobacco ^{*5} (ウシ肺アプロチニ ン bovine lung aproti- nin: KY)	タバコ Tobacco ^{*5} (ウシ肺アプロチニ ン bovine lung aproti- nin: KY)	タバコ Tobacco ^{*5} (ウ シ肺アプロチニン bo- vine lung aprotinin, レクチン様タンパク 質 lectin-like protein, セリンプロテアーゼ 不活性型前駆体 inac- tive precursor of a se- rine protease: KY)
Metabolix, Inc.				タバコ Tobacco (ポ リ β ヒドロキシブチ レート PHB ^{*6} : KY)	アマナズナ Camelina (ポリ β ヒドロキシブ チレート PHB ^{*6} : ID)
Novoplant	エンドウ Pea (社外 秘 CBI ^{*3} : ND)				
Planet Biotechnology	タバコ Tobacco (抗虫 菌抗体 CaroRx TM ^{*7} , 抗風邪ウイルス抗体 RhinoRx TM ^{*8} : CA, KY)				
SemBioSys Genetics	ベニバナ Safflower (コ イ成長ホルモン Carp growth hormone: WA)		ベニバナ Safflower (社外秘 CBI ^{*3} : WA)	ベニバナ Safflower (レンニン rennin ^{*9} : WA)	
Ventria Bioscience	イネ Rice (ヒト血清 アルブミン human serum albumin, ラク トフェリン lactofer- rin, リゾチーム lyso- zyme: NC)	イネ Rice (ヒト血清 アルブミン human serum albumin, ラク トフェリン lactofer- rin, リゾチーム lyso- zyme: NC, KS)	イネ Rice (ヒト血清 アルブミン human serum albumin, ラク トフェリン lactofer- rin, リゾチーム lyso- zyme, 社外秘 CBI ^{*3} : NC, KS)	イネ Rice (ヒト血清 アルブミン human serum albumin, ラク トフェリン lactofer- rin, リゾチーム lyso- zyme: KS, VI)	イネ Rice (ヒト血清 アルブミン human serum albumin, ラク トフェリン lactofer- rin, リゾチーム lyso- zyme, 社外秘 CBI ^{*3} : KS, VI)
Washington State University	オオムギ Barley (ラ クトフェリン lac- toferrin, リゾチーム lysozyme: WA)	オオムギ Barley (ラ クトフェリン lac- toferrin, リゾチーム lysozyme: WA)		オオムギ Barley (ラ クトフェリン lac- toferrin, リゾチーム lysozyme: WA)	オオムギ Barley (ラ クトフェリン lac- toferrin, リゾチーム lysozyme: WA)
Applied Phyto Genetics	ポプラ Poplar (水銀 イオン還元酵素 mer- curic ion reductase, 有機水銀分解酵素 organomercury lyase: AL, CT)	ポプラ Poplar (水銀 イオン還元酵素 mer- curic ion reductase, 有機水銀分解酵素 organomercury lyase: AL, CT)			
University of Washington			ハコヤナギ属 Aspen (チトクローム P450 Cytochrome P450 2E1: WA)		ハコヤナギ属 Aspen (チトクローム P450 Cytochrome P450 2E1: WA)

^{*1} : The hepatitis B virus surface antigen, ^{*2} : 葉緑体形質転換 (葉緑体遺伝子への遺伝子導入) Plastid transformation, ^{*3} : Confidential business information, ^{*4} : B subunit of the *Escherichia coli* enterotoxin, ^{*5} : Recombinant Tobacco mosaic virus infection, ^{*6} : Poly- β -hydroxybutyrate, ^{*7} : Antibody that specifically binds to the bacterium *Streptococcus mutans*, ^{*8} : Antibody that specifically binds to the rhinovirus, a major cause of the common cold, ^{*9} : bovine chymosin.

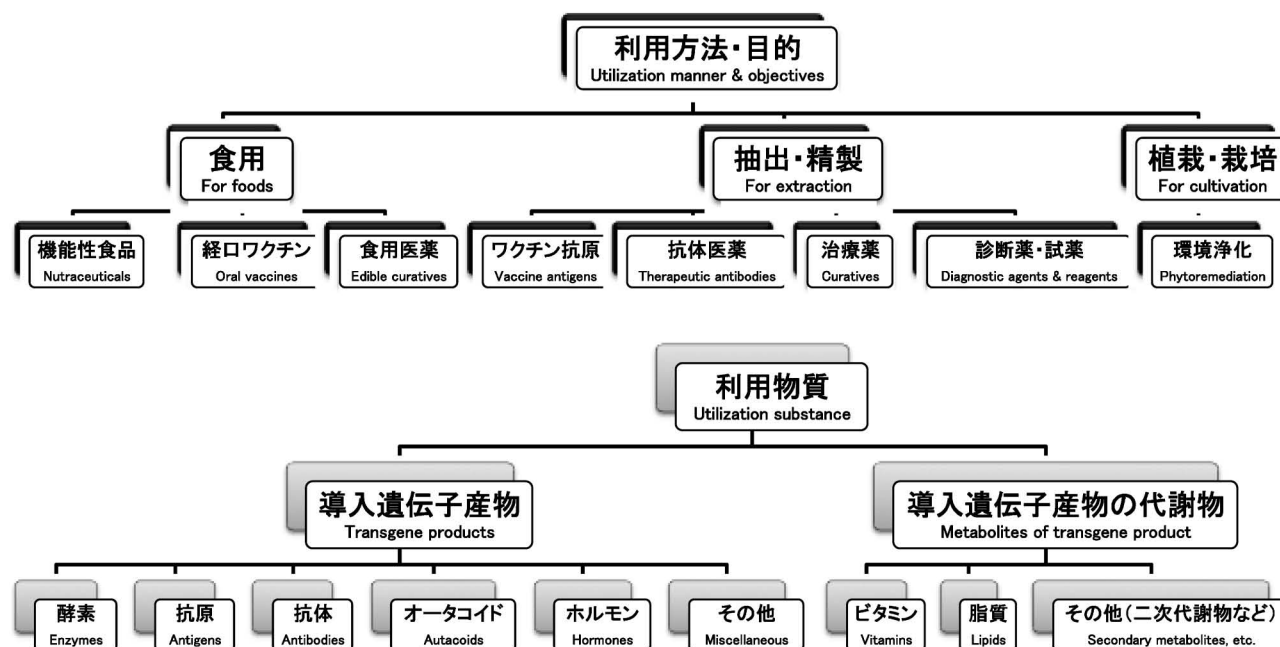


Fig. 2. Categorization of Genetically Modified Plants for Human and Livestock Health and Phytoremediation

Table 4. Categorization of Genetically Modified Plants for Human and Livestock Health and Phytoremediation and Representative Examples

区分 Categories	研究・開発例 Research & development examples	文献 References
機能性食品 Nutraceuticals	高トリプトファン米, 高コエンザイム Q10 米, ゴールデンライス, ミラクリントマトなど High tryptophan rice, High coenzyme Q10 rice, Golden rice, Miraculine tomato, etc.	8, 10, 11, 16, 20–22, 24, 25, 27, 72–75, 77–83
経口ワクチン Oral vaccines	インフルエンザ予防米, コレラ予防米, B 型肝炎予防ジャガイモ, ペスト予防トマトなど Influenza prevention rice, Cholera prevention rice, Hepatitis B prevention potato, Plague prevention tomato, etc.	132, 133, 135–140, 146–149, 172
食用医薬 Edible curatives	糖尿病予防米, 花粉症緩和米, アルツハイマー病予防大豆など Diabetes prevention rice, Japanese cedar pollinosis alleviation rice, Alzheimer disease prevention soybean, etc.	201, 203, 205, 207, 211–213
ワクチン抗原 Vaccine antigens	パンデミックインフルエンザワクチン, 炭疽病ワクチン, ポリオワクチンなど Pandemic influenza vaccine, Anthrax vaccine, Polio vaccine, etc.	222, 226–230, 234, 236, 240, 248
抗体医薬 Therapeutic antibodies	ヒト化抗 CD20 単抗体, 抗大腸がん単クローン抗体, B 型肝炎抗体など Humanized anti-CD20 monoclonal antibody, Anti-human colorectal cancer monoclonal antibody, Anti-hepatitis B antibody, etc.	254, 255, 258–260
治療薬 Curatives	ヒトインスリン, ヒトプラスミン, ヒト顆粒球・マクロファージコロニー刺激因子など Human insulin, Human plasmin, Human granulocyte-macrophage colony stimulating factor, etc.	291, 293, 305, 308, 347
診断薬・試薬 Diagnostic agents & reagents	プロテアーゼ阻害タンパク質, α -アミラーゼ, ウシラクトフェリンなど Protease inhibitor, α -amylase, Bovine lactoferrin, etc.	370–372
環境浄化 Phytoremediation	亜ヒ酸耐性イネ, 重金属耐性カラシナ, 水銀耐性シロイヌナズナなど Arsenous acid-resistant rice, Heavy-metal-resistant Indian mustard, Mercury-resistant thale cress, etc.	378, 379, 389, 390

Table 5. Itemization of Genetically Modified Plants for Human and Livestock Health and Phytoremediation from 2006 to 2010

年 Year	情報 件数 No. of cases	重複件数 No. of duplication	内訳 Itemization								内訳 合計 Sum
			機能性食品 Nutraceuticals	経口 ワクチン Oral vaccines	食用医薬 Edible curatives	ワクチン 抗原 Vaccine antigens	抗体医薬 Therapeutic antibodies	治療薬 Curatives	診断薬・試薬 Diagnostic agents & reagents	環境浄化 Phytoremediation	
2006	105	1	31	19	3	9	13	17	5	9	106
2007	55	1	15	7	4	5	3	8	3	11	56
2008	71	0	13	13	2	10	9	13	1	10	71
2009	73	2	26	11	6	5	6	12	3	6	75
2010	101	4	35	15	10	7	5	26	3	4	105
合計	405	8	120	65	25	36	36	76	15	40	413

重複 Duplication, 2006 年 機能性食品 Nutraceuticals : 環境浄化 Phytoremediation, 2007 年 機能性食品 Nutraceuticals : 環境浄化 Phytoremediation, 2009 年 機能性食品 Nutraceuticals : 環境浄化 Phytoremediation, 抗体医薬 Therapeutic antibodies : 治療薬 Curatives, 2010 年 ワクチン抗原 Vaccine antigens : 治療薬 Curatives, ワクチン抗原 Vaccine antigens : 抗体医薬 Therapeutic antibodies, 抗体医薬 Therapeutic antibodies : 治療薬 Curatives (2 件).

来生産する機能性物質の含有量向上のための遺伝子を導入する場合、あるいは宿主植物が本来生合成し蓄積する物質をより機能性を持った物質に変換させるための遺伝子（例えば代謝酵素遺伝子など）を導入する場合があります、使用された作物数が最も多い（34 作物）。治療薬も同様に、生物活性を有するタンパク質やペプチドをコードする遺伝子を導入し、宿主植物が本来生産しないタンパク質等を生産させる場合、宿主植物が本来生産する薬用成分（二次代謝物）の含有量向上のための遺伝子を導入する場合、あるいは宿主植物が本来生合成し蓄積する物質をより生理活性の高い物質に変換させるための遺伝子（例えば代謝酵素遺伝子など）を導入する場合があります、機能性食品について使用された作物数が多い（26 作物）。

Table 7 に国及びカテゴリー別に集計した結果を示す。学会等の情報収集が容易な日本が最も件数が多く 142 件、ついで米国 97 件、中国 56 件、ドイツ 20 件、韓国 20 件、カナダ 14 件、英国 12 件、スペイン 10 件であり、上位 3 カ国（日本、米国及び中国）はすべてのカテゴリーについての情報が得られ、様々な用途・目的のための薬用及び環境浄化用 GM 植物の研究・開発が行われていることが明らかとなった。また、学会等での情報収集が困難な中国において第 3 位の情報件数（56 件）が得られた。このことは、中国での薬用及び環境浄化用 GM 植物の研究・開発は非常に活発であり、今回の調査で得られた情報数よりも、より多くの研究・開発が行

われていることが示唆される。

Table 8 に国及び年別に集計した結果を示す。前記の上位 8 カ国は、すべての年において情報が得られ、継続して薬用及び環境浄化用 GM 植物の研究・開発が行われていることが窺えた。

Table 9 に使用された食用作物及びカテゴリー別に集計した結果を示す。調査した資料の要約中に作物の名称がないものは、穀類及び油糧作物として集計した。食用作物で最も使用頻度が高いのはイネ 51 件で、ついでトマト 28 件、レタス 22 件、ジャガイモ 18 件、トウモロコシ 15 件であった。

Table 10 に使用された非食用作物及びカテゴリー別に集計した結果を示す。Table 9 と同様に、調査した資料の要約中に作物の名称がないものは植物として集計した。非食用作物では、モデル植物としての利用の多い、タバコ（106 件）及びシロイヌナズナ（26 件）の使用頻度が高かった。

2-3. 薬用及び環境浄化用 GM 植物研究・開発の各カテゴリーの内容の詳細 Table 11 に機能性食品に関する情報の内容を示す。機能性食品での使用例が多い食用作物は、イネ 21 件、トマト 16 件、ナタネ 12 件である（Table 9 食用作物別集計参照）。イネでは、高トリプトファン形質に関する情報が最も多く 5 件^{8,16,20,24,27} ついで高コエンザイム Q10 形質に関するものが 3 件^{10,11,22} 高アミロース形質に関するものが 2 件^{18,19} であった。トマトでは、ミラクリン生産形質に関する情報が最も多く 11 件^{72-75,77-83} であった。ナタネでは、アスタキサ

Table 6. Summary of Genetically Modified Plants for Human and Livestock Health and Phytoremediation from 2006 to 2010 (Crops & Countries)

区分 Categories	作物 Crops (合計 Total)	件数 No.	研究・開発国 Countries (合計 Total)
機能性食品 Nutraceuticals	アマ、アビシニアガラシ、イチゴ、イネ、オオアラセイトウ、オリーブ、オレンジ、カラシナ、キャッサバ、クレソン、ゴマ、コムギ、サツマイモ、サトウキビ、ジャガイモ、ダイズ、テンサイ、トウモロコシ、トマト、ナタネ、ニンジン、ヒマワリ、ベニバナ、ラッカセイ、リンゴ、レタス、シロイヌナズナ、シンテッポウユリ、タバコ、タルウムゴヤシ、ハルザキヤマガラシ、ペチュニア、ミヤコグサ、レンギョウ (34)	120	米国、カナダ、英国、フランス、ドイツ、スペイン、イスラエル、サウジアラビア、インド、オーストラリア、韓国、台湾、中国、日本 (14)
経口ワクチン Oral vaccines	アルファルファ、イネ、オオムギ、サツマイモ、ジャガイモ、トウモロコシ、トマト、ナガバクコ、ニンジン、ハツカダイコン、レタス、シロイヌナズナ、タバコ、ミヤコグサ (14)	65	米国、カナダ、メキシコ、フランス、ドイツ、イタリア、スペイン、スウェーデン、ロシア、インド、オーストラリア、韓国、台湾、中国、日本 (15)
食用医薬 Edible curatives	アマ、イチゴ、イネ、ダイズ、レタス、タバコ (6)	25	米国、中国、日本 (3)
ワクチン抗原 Vaccine antigens	イネ、タバコ (2)	36	米国、カナダ、イタリア、スペイン、ロシア、南アフリカ、インド、ベトナム、韓国、中国、日本 (11)
抗体医薬 Therapeutic antibodies	トウモロコシ、トマト、ウキクサ、シロイヌナズナ、タバコ、ヒメツリガネゴケ (6)	36	米国、カナダ、キューバ、英国、ドイツ、オランダ、ベルギー、イタリア、ギリシャ、スペイン、ハンガリー、イラン、オーストリア、韓国、中国、日本 (16)
治療薬 Curatives	イネ、ウラルカンゾウ、エンドウ、オオムギ、サツマイモ、ジャガイモ、ダイズ、トウモロコシ、トマト、ニンジン、ラッカセイ、レタス、ロジオー・サカリネンシス、ウキクサ、ケシ、クソニンジン、サウスレア・インボルクラタ、シロイヌナズナ、スウェルチア・ムソティ、ゼニゴケ、セリバオウレン、タバコ、ニチニチソウ、ヒメツリガネゴケ、ペラドンナ、マダラハウチワマメ (26)	76	米国、カナダ、ブラジル、英国、フランス、ドイツ、アイスランド、イタリア、フィンランド、ロシア、ヨルダン、イスラエル、韓国、中国、日本 (15)
診断薬・試薬 Diagnostic agents & reagents	イネ、オオムギ、ジャガイモ、トウモロコシ、シロイヌナズナ、タバコ (6)	15	米国、カナダ、アイスランド、中国、日本 (5)
環境浄化 Phytoremediation	イネ、カラシナ、ジャガイモ、カバノキ、シバ、シャリンバイ、シロイヌナズナ、タバコ、ナタネ、トレニア、ペチュニア、ヘビノネゴザ、ポブラ、マリーゴールド、ヨシ、レンゲソウ (16)	40	米国、カナダ、スペイン、トルコ、イスラエル、インド、韓国、台湾、中国、日本 (10)

The cases that extend over multiple categories were counted separately. Therefore the total number of cases (411) was higher than the actual number of cases (405).

ンチン生産形質に関する情報が最も多く 4 件^{90,93-95)}であった。生産物としてはカロテノイド類 (β カロテン、ケトカロテノイド、アスタキサンチン及びゼ

アキサンチンを含む) の件数が最も多く 14 件、^{21,25,30,40,41,48,54,68,69,76,90,93-95)} ついで多いのはミラクリン 13 件^{7,72-75,77-83,100)}であった。なお、ノルニ

Table 7. Summary of Genetically Modified Plants for Human and Livestock Health and Phytoremediation from 2006 to 2010 (Countries & Categories)

国名 Countries	区分 Categories								
	機能性食品 Nutraceuticals	経口 ワクチン Oral vaccines	食用医薬 Edible curatives	ワクチン 抗原 Vaccine antigens	抗体医薬 Therapeutic antibodies	治療薬 Curatives	診断薬・試薬 Diagnostic agents & reagents	環境浄化 Phytoremediation	合計 Total
米国 USA	26	14	1	16	8	21	4	7	97
カナダ Canada	1	1		3	2	2	4	1	14
メキシコ Mexico		2							2
キューバ Cuba					1				1
ブラジル Brazil						1			1
英国 UK	4				5	3			12
フランス France	1	1				3			5
ドイツ Germany	13	1			3	3			20
オーストリア Austria					2				2
オランダ Holland					5				5
ベルギー Belgium					1				1
アイスランド Iceland						2	1		3
イタリア Italy		1		1	1	1			4
ギリシャ Greece					1				1
スペイン Spain	4	1		2	1			2	10
フィンランド Finland						1			1
スウェーデン Sweden		1							1
ロシア Russia		1		1		1			3
ハンガリー Hungary					1				1
トルコ Turkey								1	1
ヨルダン Jordan						1			1
イスラエル Israel	1					2		1	4
イラン Iran					1				1
サウジアラビア Saudi Arabia	1								1
南アフリカ South Africa				3					3
インド India	1	2		1				1	5
ベトナム Vietnam				1					1
オーストラリア Australia	2	1							3
韓国 South Korea	4	5		3	3	4		1	20
台湾 Taiwan	1	3						1	5
中国 China	20	12	1	2	2	10	2	7	56
日本 Japan	49	20	23	3	2	21	5	19	142
合計 Sum	128	66	25	36	39	76	16	41	427

The cases that extend over multiple countries were counted separately. Therefore the total number of cases (427) was higher than the actual number of cases (405).

Table 8. Summary of Genetically Modified Plants for Human and Livestock Health and Phytoremediation from 2006 to 2010 (Countries & Years)

国名 Countries	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	合計 Total
米国 USA	24	12	28	15	18	97
カナダ Canada	1	3	3	2	5	14
メキシコ Mexico	2					2
キューバ Cuba				1		1
ブラジル Brazil	1					1
英国 UK	3	1	2	2	4	12
フランス France	2		2		1	5
ドイツ Germany	7	4	4	2	3	20
オーストリア Austria			2			2
オランダ Holland	4	1				5
ベルギー Belgium			1			1
アイスランド Iceland					3	3
イタリア Italy	1		2	1		4
ギリシャ Greece	1					1
スペイン Spain	1	2	1	3	3	10
フィンランド Finland			1			1
スウェーデン Sweden				1		1
ロシア Russia	1				2	3
ハンガリー Hungary	1					1
トルコ Turkey					1	1
ヨルダン Jordan			1			1
イスラエル Israel			2		2	4
イラン Iran	1					1
サウジアラビア Saudi Arabia					1	1
南アフリカ South Africa	2	1				3
インド India	4		1			5
ベトナム Vietnam					1	1
オーストラリア Australia	2	1				3
韓国 South Korea	3	2	3	8	4	20
台湾 Taiwan	2			2	1	5
中国 China	16	10	5	10	15	56
日本 Japan	33	19	16	29	45	142
合計 Sum	112	56	74	76	109	427

The cases that extend over multiple countries were counted separately. Therefore the total number of cases (427) was higher than the actual number of cases (405).

コチン及び N'-ニトロソノルニコチン含量低下形質のタバコ⁶⁰⁾は食用とするものではないが、口にくわえて吸う煙草の毒性低下のための開発なので本カテ

ゴリーとした。

Table 12 に経口ワクチンに関する情報の内容を示す。経口ワクチンでの使用例が多いのは、レタス

Table 9. Summary of Genetically Modified Plants for Human and Livestock Health and Phytoremediation from 2006 to 2010 (Edible Crops)

作物 Crops	区分 Categories								
	機能性食品 Nutraceuticals	経口 ワクチン Oral vaccines	食用医薬 Edible curatives	ワクチン 抗原 Vaccine antigens	抗体医薬 Therapeutic antibodies	治療薬 Curatives	診断薬・試薬 Diagnostic agents & reagents	環境浄化 Phytoremediation	合計 Total
アマ Flax	4		1						5
アビシニアガラシ Abyssinian mustard	1								1
アルファルファ Alfalfa		3							3
イチゴ Strawberry	2		7						9
イネ Rice	21	10	10	1		2	3	4	51
ウラルカンゾウ Chinese licorice						1			1
エンドウ Pea						1			1
オオアラセイトウ Chinese violet cress	1								1
オオムギ Barley		1				1	1		3
オリーブ Olive	2								2
オレンジ Orange	1								1
カラシナ Indian mustard	1							1	2
キャッサバ Cassava	1								1
クレソン Water cress	1								1
ゴマ Sesame	3								3
コムギ Wheat	3								3
サツマイモ Sweet potato	1	1				1			3
サトウキビ Sugar cane	1								1
ジャガイモ Potato	3	9				3	2	1	18
ダイズ Soybean	10		3			1			14
テンサイ Sugar beet	1								1
トウモロコシ Corn	6	4			3	1	1		15
トマト Tomato	16	8			2	2			28
ナガバクコ <i>Lycium barbarum</i>		1							1
ナタネ Rapeseed	12							1	13
ニンジン Carrot	1	3				3			7
ハツカダイコン Radish		1							1
ヒマワリ Sunflower	2								2
ベニバナ Safflower	2								2
穀類 Grain	2								2
油糧作物 Oilseed crop	2								2
ラッカセイ Peanut	1					1			2
リンゴ Apple	1								1
レタス Lettuce	7	11	3			1			22
ロジオラ・サカリネンシス <i>Rhodiola sachalinensis</i>						1			1
小計 Subtotal	109	52	24	1	5	19	7	7	224

The cases that extend over multiple crops were counted separately.

Table 10. Summary of Genetically Modified Plants for Human and Livestock Health and Phytoremediation from 2006 to 2010 (Non-edible Crops)

作物 Crops	区分 Categories								合計 Total
	機能性食品 Nutraceuticals	経口 ワクチン Oral vaccines	食用医薬 Edible curatives	ワクチン 抗原 Vaccine antigens	抗体医薬 Therapeutic antibodies	治療薬 Curatives	診断薬・試薬 Diagnostic agents & reagents	環境浄化 Phytoremediation	
ウキクサ <i>Lemna</i>					3	1			4
カバノキ <i>Birch</i>								1	1
ケシ <i>Opium poppy</i>						1			1
クソニンジン <i>Artemisia annua</i>						2			2
サウスレア・ インボルクラタ <i>Saussurea involucreata</i>						1			1
シバ <i>Lawn grass</i>								1	1
シャリンバイ <i>Yeddo hawthorn</i>								1	1
シロイヌナズナ <i>Thale cress</i>	8	3			1	2	3	9	26
シンテツポウユリ <i>Lily</i>	1								1
スウェルチア・ムソティ <i>Swertia mussotii</i>						1			1
ゼニゴケ <i>Liverwort</i>						3			3
セリバオウレン <i>Coptis japonica</i>						2			2
タバコ(ウイルスベク ター含む) <i>Tobacco</i> (Including viral vector)	9	9	1	24	22	29	3	9	106
タルウマゴヤシ <i>Barrel medic</i>	1								1
トレニア <i>Torenia</i>								1	1
ニチニチソウ <i>Madagascar periwinkle</i>						2			2
ハルザキヤマガラシ <i>Bittercress</i>	1								1
ヒメツリガネゴケ <i>Physcomitrella patens</i>					1	1			2
ペチュニア <i>Petunia</i>	1							2	3
ヘビノネゴザ <i>Athyrium yokoscense</i>								1	1
ベラドンナ <i>Belladonna</i>						2			2
ポプラ <i>Poplar</i>								1	1
マダラハウチワマメ <i>Tarwi</i>						1			1
マリーゴールド <i>Marigold</i>								1	1
ミヤコグサ <i>Lotus corniculatus</i>	2	1							3
ヨシ <i>Ditch reed</i>								1	1
レンギョウ <i>Forsythia</i>	3								3
レンゲソウ <i>Astragalus</i>								1	1
植物 (ウイルスベク ター含む) <i>Plant</i> (In- cluding viral vector)	17	7	1	11	5	14	6	8	69
小計 Subtotal	43	20	2	35	32	62	12	37	243
合計(食用+非食用) Total (Edible+Non-edible)	152	72	26	36	37	81	19	44	467

The cases that extend over multiple crops were counted separately.

Table 11. Summary of Genetically Modified Plants for Human and Livestock Health and Phytoremediation from 2006 to 2010 (Nutraceuticals)

作物 Crop	生産物・機能 Products・Function	開発国 Country	文献 Reference
アビシニアガラシ Abyssinian mustard	エイコサペンタエン酸 (EPA, 20:5n-3) Eicosapentaenoic acid	カナダ Canada	6
イチゴ Strawberry	ミラクリン (味覚修飾機能タンパク質) Miraculine (taste-modifying protein)	日本 Japan	7
イネ Rice	高トリプトファン High tryptophan	日本 Japan	8, 16, 20, 24, 27
イネ Rice	二次代謝物 Secondary metabolites	日本 Japan	9
イネ Rice	高コエンザイム Q10 High coenzyme Q10	日本 Japan	10, 11, 22
イネ Rice	β -コングリシニン (中性脂肪減少) β -conglycinin (reducing neutral fat)	日本 Japan	12
イネ Rice	鉄含量増加 Increasing iron content	中国 China	13
イネ Rice	米アレルゲンタンパク質 (16 kDa) 減少 Reducing rice allergic protein (16 kDa)	日本 Japan	14
イネ Rice	リンの生体内利用率増加 Enhanced bioavailability of phosphorus	日本 Japan	15
イネ Rice	鉄, 亜鉛, ニコチンアミン含量増加 Increasing iron, zinc and nicotianamine contents	中国 China	17
イネ Rice	高アミロース (難消化性) High amylose (non-digestible)	中国 China	18, 19
イネ Rice	カロテノイド Carotenoid	スペイン, ドイツ Spain, Germany	21
イネ Rice	微量金属イオン濃度の上昇 Increasing minor metal ions concentration	韓国 South Korea	23
イネ Rice	β -カロテン (ゴールデンライス) β -carotene (Golden rice)	米国, 中国 USA, China	25
イネ Rice	GABA 含量増加 Increasing GABA content	日本 Japan	26
イネ等 Rice, etc.	ピノレン酸, コニフェロン酸 Pinolenic acid, coniferonic acid	日本 Japan	28
オオアラセイトウ Chinese violet cress	エイコサペンタエン酸, ドコサペンタエン酸, ドコサヘキサエン酸 Eicosapentaenoic acid (EPA), docosapentaenoic acid (DPA), docosahexaenoic acid (DHA)	ドイツ Germany	29
オレンジ Orange	β -カロテン含量増加, キサントフィル含量の低下 Increasing β -carotene content, reducing xanthophyll content	スペイン Spain	30
カラシナ Indian mustard	γ -リノレン酸 γ -linolenic acid (GLA)	インド, 米国 India, USA	31
キャッサバ Cassava	シアンの減少, タンパク質量の増加 Low cyanide, increasing protein content	米国 USA	32
クレソン等 Water cress, etc.	ビタミン C (L-アスコルビン酸) 含量増加 Increasing vitamin C (L-ascorbic acid) content	米国 USA	33
ゴマ Sesame	メチル化リグナン Methylated lignan	日本 Japan	34
コムギ Wheat	高アミロース (>70%, 難消化性デンプン) High amylose (non-digestible)	オーストラリア, 英国 Australia, UK	35
コムギ Wheat	N-アセチルグルコサミン誘導体, グルコサミノグリカン (ヒアルロナン) N-acetylglucosamine derivative, glucosaminoglycan (hyaluronan)	ドイツ Germany	36
コムギ Wheat	多糖アルタナン Polysaccharide alternan	ドイツ Germany	37
サツマイモ Sweet potato	10KD ゼイン 10KD Zein	中国 China	38
サトウキビ Sugar cane	イソマルツロース (代替甘味料) Isomaltulose (alternative sweetener)	オーストラリア Australia	39

Table 11. (Continued)

作物 Crop	生産物・機能 Products・Function	開発国 Country	文献 Reference
ジャガイモ Potato	ケトカロテノイド, アスタキサンチン Keto-carotenoid, astaxanthin	英国 UK	40
ジャガイモ Potato	β -カロテン含量増加 Increasing β -carotene content	米国 USA	41
ジャガイモ Potato	リンの生体内利用率増加 Enhanced bioavailability of phosphorus	台湾 Taiwan	42
シロイヌナズナ Thale-cress	シスバイシード (レスベラトロール配糖体) Cis-piceid (resveratrol glycoside)	中国 China	43
シロイヌナズナ Thale-cress	ビタミン E 含量増加 Increasing vitamin E content	中国 China	44, 45
シロイヌナズナ Thale-cress	脂肪酸組成の制御 Regulation of fatty acid composition	韓国 South Korea	46
シロイヌナズナ Thale-cress	フロフラン型リグナン (ゴマリグナン) Furofuran-type lignan (sesame lignans)	日本 Japan	47
シンテッポウユリ Lily	カロテノイド, ケトカロテノイド Carotenoid, keto-carotenoid	日本 Japan	48
ダイズ Soybean	高トリプトファン High tryptophan	日本 Japan	49
ダイズ Soybean	高 α -トコフェロール High α -tocopherol	米国 USA	50
ダイズ Soybean	高含硫アミノ酸貯蔵タンパク質 (SCMRP) High-sulfur-containing amino acid storage protein	中国 China	51
ダイズ Soybean	種子脂肪酸組成の改善 Improving seed fatty acid composition	米国 USA	52
ダイズ Soybean	フラボノイド組成改変 (ケンフェロール配糖体増加) Improving flavonoid composition (Increasing kaempferol glycoside)	日本 Japan	53
ダイズ Soybean	β カロテン含量増加 Increasing β -carotene	米国 USA	54
ダイズ Soybean	ω -3 脂肪酸増加, エイコサペンタエン酸 Increasing ω -3 fatty acid, eicosapentaenoic acid (EPA)	米国 USA	55
ダイズ等 Soybean, etc.	多価不飽和脂肪酸 (PUFAs, α -リノレン酸, ステアリ ドン酸, エイコサペンタエン酸等) Poly unsaturated fatty acids (PUFAs, α -linoleic acid, stearidonic acid, eicosapentaenoic acid, etc.)	日本 Japan	56, 57
タバコ Tobacco	イソフラボン Isoflavone	米国 USA	58
タバコ Tobacco	高コエンザイム Q10 High coenzyme Q10	日本 Japan	59
タバコ Tobacco	ノルニコチン及び N'-ニトロソノルニコチン含量低下 Reducing nornicotine and N'-nitrosonornicotine (NNN)	米国 USA	60
タバコ Tobacco	トレオニン含量増加 Increasing threonine	英国 UK	61
タバコ Tobacco	クロロゲン酸含量増加 Increasing chlorogenic acid	中国 China	62
タルウマゴヤシ等 Barrel Medic, etc.	フラバン-3-オール合成 Flavane-3-ol synthesis	米国 USA	63
テンサイ等 Sugar beet, etc.	フラクトオリゴ糖 Fructooligo-sugar	日本 Japan	64
トウモロコシ Corn	19 及び 22 kDa ゼイン減少, リジン, トリプトファン, アスパラギン, アスパラギン酸, グルタミン酸の増加 Reducing 19 and 22 kDa zein, Increasing lysine, tryptophane, asparagine, asparaginic acid, glutamic acid	米国 USA	65
トウモロコシ Corn	高アミロース (難消化性) High amylose (non-digestible)	中国 China	66, 67
トウモロコシ Corn	β -カロテン, ビタミン C, 葉酸増加 Increasing β -carotene, vitamin C, folic acid	スペイン, ドイツ Spain, Germany	68
トウモロコシ Corn	ゼアキサンチン含量増加 Increasing zeaxanthin	スペイン, ドイツ Spain, Germany	69

Table 11. (Continued)

作物 Crop	生産物・機能 Products・Function	開発国 Country	文献 Reference
トマト Tomato	フェノール性化合物含量増加 Increasing phenolic compounds	フランス France	70
トマト Tomato	遊離アミノ酸含量増加, グルタミン酸含量増加 Increasing free amino acid content, increasing glutamic acid content	日本 Japan	71
トマト Tomato	ミラクリン (味覚修飾機能タンパク質) Miraculine (taste-modifying protein)	日本 Japan	72-75, 77-82
トマト Tomato	アスタキサンチン Astaxanthine	韓国 South Korea	76
トマト等 Tomato, etc.	ミラクリン (味覚修飾機能タンパク質) Miraculine (taste-modifying protein)	日本 Japan	83
トマト等 Tomato, etc.	プレニル化フラボノイド Prenylated flavonoids	日本 Japan	84, 85
ナタネ Rapeseed	シスパイシード (レスベラトロール配糖体) Cis-piceid (resveratrol glycoside)	ドイツ Germany	86
ナタネ Rapeseed	脂肪酸組成の制御 Regulation of fatty acid composition	米国 USA	87
ナタネ Rapeseed	高オレイン酸 High oleic acid	中国 China	88
ナタネ (カノーラ) Canola	リンの生体内利用率増加 Enhanced bioavailability of phosphorus	中国, 米国 China, USA	89
ナタネ Rapeseed	アスタキサンチン Astaxanthine	日本 Japan	90
ナタネ Rapeseed	オレイン酸含量増加, 多価不飽和脂肪酸含量低下, エルカ酸除去 Increasing oleic acid, reducing polyunsaturated fatty acid contents, eliminating erucic acid	中国 China	91
ナタネ等 Rapeseed, etc.	脂肪酸組成の制御 Regulation of fatty acid composition	ドイツ Germany	92
ナタネ等 Rapeseed, etc.	ケトカロテノイド (アスタキサンチン等) Keto-carotenoid (astaxanthine, etc.)	日本 Japan	93, 95
ナタネ等 Rapeseed, etc.	アスタキサンチン, β -カロテン Astaxanthine, β -carotene	日本 Japan	94
ニンジン Carrot	カルシウム含量増加 Increasing calcium content	米国 USA	96
ラッカセイ Peanut	アレルゲンタンパク質の除去 Eliminating allergic proteins	米国 USA	97
リンゴ Apple	シスパイシード (レスベラトロール配糖体) Cis-piceid (resveratrol glycoside)	ドイツ Germany	98
レタス Lettuce	カルシウム含量増加 Increasing calcium content	米国 USA	99
レタス Lettuce	ミラクリン (味覚修飾機能タンパク質) Miraculine (taste-modifying protein)	日本 Japan	100
レタス等 Lettuce, etc.	ゲニステイン (イソフラボン) Genistein (isoflavone)	中国 China	101
レタス等 (葉緑体) Lettuce (plastid), etc.	トコフェロール含量増加 Increasing tocopherol	日本 Japan	102
レンギョウ Forsythia	セサミン Sesamin	日本 Japan	103
レンギョウ Forsythia	フロフラン型リグナン (ゴマリグナン) Furofuran-type lignan (sesame lignans)	日本 Japan	104, 105
穀類 Grain	タンパク質改変 (消化性向上, 栄養向上, アミノ酸含量増加) Protein modification (improving digestion, fortifying nutrition, increasing amino acid contents)	米国 USA	106
油糧種子作物 Oilseed crop	長鎖不飽和脂肪酸 Long chain unsaturated fatty acid	英国 UK	107
油糧作物 Oil crop	アラキドン酸 Arachidonic acid	米国 USA	108
植物 (穀類) Plant (grain)	窒素含量増加 Increasing nitrogen content	米国 USA	109

Table 11. (Continued)

作物 Crop	生産物・機能 Products・Function	開発国 Country	文献 Reference
植物 Plant	油脂濃度増加, 脂肪酸組成改変 Increasing oil content, modifying fatty acid composition	ドイツ Germany	110
植物 Plant	ヘキソサミン (N-アセチルグルコサミン, N-アセチルグルコサミン-6-リン酸) Hexosamine (N-acetylglucosamine, N-acetylglucosamine-6-phosphate)	日本 Japan	111
植物 Plant	多価不飽和脂肪酸 Poly unsaturated fatty acids (PUFAs)	ドイツ Germany	112
植物 Plant	ヒアルロナン Hyaluronan	ドイツ Germany	113
植物 Plant	長鎖不飽和脂肪酸 (アラキドン酸, エイコサペンタエン酸) Long-chain polyunsaturated fatty acid (arachidonic acid, eicosapentaenoic acid)	ドイツ Germany	114
植物 Plant	トコフェロール Tocopherol	韓国 South Korea	115
植物 Plant	ステアリドン酸 Stearidonic acid	米国 USA	116
植物 Plant	ビタミン E Vitamin E	中国 China	117
植物 Plant	(不) 飽和脂肪酸/油脂代謝物の増加又は改変 Increasing/modifying (un)saturated fatty acids/oil metabolites	中国 China	118
植物 Plant	ビタミン E Vitamin E	中国 China	119, 121, 126
植物 Plant	ビタミン E Vitamin E	米国 USA	120
植物 Plant	ステアリン酸含量増加, γ -リノレン酸含量増加 Increasing stearic acid, increasing γ -linolenic acid	米国 USA	122
植物 Plant	遊離 ε -, α -N-アセチルアミノ酸含量増加 Increasing free ε -, α -N-acetyl amino acid content	米国 USA	123
植物 Plant	分岐アミノ酸含量増加 Increasing branched-chain amino acid	米国, サウジアラビア USA, Saudi Arabia	124
植物 Plant	極長鎖多価不飽和脂肪酸 Very-long-chain polyunsaturated fatty acids	イスラエル Israel	125

11 件, イネ 10 件, ジャガイモ 9 件, トマト 8 件である (Table 9 食用作物別集計参照)。レタスはブタ浮腫病ワクチンに関するものが最も多く 8 件,^{182,185-191} イネはコレラワクチンに関するものが最も多く 8 件,^{132,133,135-140} ジャガイモは B 型肝炎ワクチンに関するものが最も多く 4 件¹⁴⁶⁻¹⁴⁹であった。対象とした生産物・機能はインフルエンザウイルスに関するものが最も多く 11 件,^{132,133,135,140,141,144,145,150,152,156,181} ついでコレラトキシン B サブユニット (CTB) に関するものが 10 件^{132,133,135-140,163,179}で、そのうちの 5 件^{132,133,135,140,163}は経口コレラワクチンよりもむしろ CTB のアジュバンド効果を期待しての使用例であった。

Table 13 に食用医薬に関する情報の内容を示す。食用医薬での使用例が多いのは、イネ 10 件、イチゴ 7 件である (Table 9 食用作物別集計参照)。イネはスギ花粉症緩和米に関するものが最も多く 3

件^{203,205,207}で、イチゴでは 7 件中 6 件はヒトアディポネクチン生産¹⁹⁵⁻²⁰⁰に関するものであった。

Table 14 にワクチン抗原に関する情報の内容を示す。ワクチン抗原は抽出精製後の使用を目的とするため、GM 植物の作出が容易なタバコの使用件数が多く使用作物 36 件中 24 件²³⁰⁻²⁵³がタバコである (Table 10 非食用作物別集計参照)。またタバコは、組換え遺伝子が挿入された GM 植物ウイルスの感染によるタンパク質の生産方法 (植物の葉に植物ウイルスを感染させるとウイルスの感染に伴い、組換えタンパク質が植物の葉内で生産される。植物はかならずしも GM 植物でなくてもよく、非 GM 植物も用いられる) が確立されているため、上記 24 件中、12 件^{222,231-233,236,239,243-245,247,249,251}は GM 植物ウイルスによる生産である。この GM 植物ウイルスによる組換えタンパク質生産は、厳密に言えば GM 植物での生産ではないが、組換え遺伝子が用い

Table 12. Summary of Genetically Modified Plants for Human and Livestock Health and Phytoremediation from 2006 to 2010 (Oral Vaccines)

作物 Crop	生産物・機能 Products・Function	開発国 Country	文献 Reference
アルファルファ Alfalfa	トリレオウイルス構造タンパク質 SigmaC Avian reovirus σ C protein	台湾 Taiwan	127
アルファルファ Alfalfa	<i>Mannheimia haemolytica</i> A1 (ウシ肺炎性バクテリ 症の原因菌) GS60 (54) 外膜リポタンパク質 Calf pneumonic pasteurellosis <i>Mannheimia haemolytica</i> A1GS60 (54) outer membrane lipoprotein	カナダ Canada	128
アルファルファ Alfalfa	エキノコッカス Eg95-EgA31 融合タンパク質 <i>Echinococcus granulosus</i> Eg95-EgA31 fusion protein	中国 China	129, 130
イネ Rice	ニューキャッスル病ウイルス融合タンパク質 Newcastle disease virus fusion glycoprotein	中国 China	131
イネ Rice	インフルエンザウイルスヘマグルチニン HA1+コレ ラ毒素 B サブユニット (CTB), CTB Influenza virus hemagglutinin HA1+cholera toxin B subunit, CTB	日本 Japan	132, 133, 135, 140
イネ Rice	ライム病ボレリア菌外膜タンパク質 A (OspA) Lyme disease <i>Borrelia</i> OspA proteins	米国 USA	134
イネ Rice	コレラトキシン B サブユニット (CTB) Cholera toxin B subunit (CTB)	日本 Japan	136-139
オオムギ Barley	トリインフルエンザウイルス Avian Influenza virus HA1-m	ドイツ Germany	141
ジャガイモ Potato	ロタウイルスワクチン Rotavirus subunit vaccine	中国 China	142
ジャガイモ Potato	ニワトリロイコチトゾーン原虫ワクチン Chicken leucocytozoonosis vaccine	日本 Japan	143
ジャガイモ Potato	高病原性トリインフルエンザウイルス (HPAI) ヘマ グルチニン (HA) 及び核タンパク質 (NP) Highly pathogenic avian influenza virus (HPAI) hemagglutinin (HA) and nucleoprotein (NP)	日本 Japan	144, 145, 150
ジャガイモ Potato	B 型肝炎ウイルス表面抗原 (HBsAg) Hepatitis B virus (HBV) surface protein antigen (HBsAg)	米国 USA	146-149
植物 Plant	腸管毒素産生性大腸菌フィンブリア附着因子 FaeG Enterotoxigenic <i>Escherichia coli</i> fimbrial adhesin FaeG	中国 China	151
植物 Plant	トリインフルエンザウイルスヘマグルチニン (NAIVHA) Avian influenza virus hemagglutinin	中国 China	152
植物 Plant	ウサギ出血病ウイルス (RHDV) 構造タンパク質 VP60 Rabbit haemorrhagic disease virus structural protein VP60	インド India	153
植物 Plant	アメーバ赤痢病原体 LecA タンパク質 Amebiasis <i>Entamoeba histolytica</i> LecA protein	米国 USA	154
植物 Plant	豚腸毒素産生性大腸菌 (987P) 線毛末端タンパク質 Pig enterotoxigenic <i>Escherichia coli</i> (987P) fimbrial ter- minal protein gene (FasG)	韓国 South Korea	155
植物 Plant	トリインフルエンザウイルスヘマグルチニン (HA), ノイラミニダーゼ (NA) Avian influenza virus hemagglutinin (HA), neuramini- dase (NA)	韓国 South Korea	156
植物 Plant	ペスト菌フラクション 1 外被膜タンパク質 (抗原 F1), ペスト菌低カルシウム反応性 V (LcrV 又は V 抗原) Plague (<i>Yersinia pestis</i>) fraction 1 outer capsular pro- tein (antigen F1) F1, low-calcium response V (LcrV or V antigen)	米国 USA	157

Table 12. (Continued)

作物 Crop	生産物・機能 Products・Function	開発国 Country	文献 Reference
シロイヌナズナ <i>Thale-cress</i>	イヌパルボウイルス (CPV) VP2 タンパク質抗原ペプチド (2L21) + p53 転写因子 4 量体ドメイン (TD, 41 アミノ酸) Canine parvovirus (CPV) VP2 protein highly immunogenic peptide (2L21), 41-aminoacid long tetramerization domain (TD) from the transcriptional factor p53	スペイン Spain	158
タバコ Tobacco	腸管出血性大腸菌不活化志賀型毒素 A サブユニット Enterohemorrhagic <i>Escherichia coli</i> inactivated Shiga toxin type 2 A subunit	米国 USA	159
タバコ Tobacco	ヒロリ菌熱ショックタンパク質 A <i>Helicobacter pylori</i> heat-shock protein A (HspA) protein	中国 China	160
タバコ Tobacco	ブタ胸膜肺炎菌外毒素 ApxIIA Porcine pleuropneumonia bacterial exotoxin ApxIIA	韓国 South Korea	161
タバコ Tobacco	狂犬病ウイルスキメラ G タンパク質 Rabies virus chimeric G protein	インド India	162
タバコ Tobacco	コレラトキシン B サブユニット-ヒト免疫不全ウイルス 1 (HIV-1) gp41 膜近位融合タンパク質 (CTB-MPR649-684) Cholera toxin B subunit (CTB)-human immunodeficiency virus 1 (HIV-1) membrane proximal (ectodomain) region of gp41	米国 USA	163
タバコ Tobacco	ブタ豚繁殖・呼吸障害症候群ウイルス (PRRSV) 外膜糖タンパク質 5 (GP5) Porcine reproductive and respiratory syndrome virus (PRRSV) envelop glycoprotein 5 (GP5)	台湾 Taiwan	164
タバコ等 Tobacco, etc.	B 型肝炎表面抗原 (HBsAg) + ヒト免疫不全ウイルス (HIV-1) ポリエピトープ Hepatitis B surface antigen (HBsAg) + human immunodeficiency virus 1 (HIV-1) poly-epitope	フランス, イタリア France, Italy	165
トウモロコシ Corn	ニューキャッスル病ウイルス融合タンパク質 Newcastle disease virus fusion protein	メキシコ Mexico	166
トウモロコシ Corn	大腸菌易熱性腸管毒素 B サブユニット (LT-B) <i>Escherichia coli</i> heat-labile holotoxin (LT) B subunit	米国 USA	167, 168
トウモロコシ Corn (sweet corn)	ブタ熱ウイルス (CSFV) 外核グライコプロテイン E2 Swine fever virus (CSFV) envelope glycoprotein E2	中国 China	169
トマト Tomato	ヒト免疫不全ウイルス (HIV-1) ENV, GAG エピトープ + B 型肝炎ウイルス表面抗原 Human immunodeficiency virus 1 (HIV-1) ENV and GAG epitopes + hepatitis B virus (HBV) surface protein antigen (HBsAg)	ロシア Russia	170
トマト Tomato	ロタウイルス VP2, VP6 Rotavirus capsid proteins VP2, VP6	メキシコ Mexico	171
トマト Tomato	ペスト菌 F1-V 抗原 Plague F1-V antigen fusion protein	米国 USA	172
トマト Tomato	エンテロウイルス 71 (手足口病) VP1 Enterovirus 71 (EV71) (hand-foot-and-mouth disease) VP1 protein (coat protein)	台湾 Taiwan	173
トマト Tomato	B 型肝炎ウイルス表面抗原 Hepatitis B surface antigen (HBsAg)	中国 China	174
トマト Tomato	マラリアメロゾイト表面タンパク質抗原 (MSP-1, MSP-2, MSP-3) Malaria merozoite surface protein (MSP-1, MSP-2, MSP-3)	米国 USA	175
トマト Tomato	腸管出血性大腸菌 O157 : H7 インチミン Enterohemorrhagic <i>Escherichia coli</i> O157 : H7 intimin	米国 USA	176
トマト他 Tomato, etc.	C 型肝炎ウイルスワクチン Hepatitis C virus vaccine	中国 China	177
ナガバクコ <i>Lycium barbarum</i> L.	ヒト免疫不全ウイルス (HIV) カプシドタンパク質 (CA) Human immunodeficiency virus (HIV) capsid protein (CA)	中国 China	178

Table 12. (Continued)

作物 Crop	生産物・機能 Products・Function	開発国 Country	文献 Reference
ニンジン Carrot	コレラトキシン B サブユニット (CTB) Cholera toxin B subunit (CTB)	韓国 South Korea	179
ニンジン等 Carrot, etc.	ヒト免疫不全ウイルス 1 (HIV-1) サブタイプ Cp24 タンパク質 Human immunodeficiency virus 1 (HIV-1) subtype C p24 capsid protein	スウェーデン Sweden	180
ミヤコグサ <i>Lotus corniculatus</i> L.	トリインフルエンザワクチン抗原 Avian influenza vaccine antigen	中国 China	181
レタス Lettuce	ブタ浮腫病ワクチン (志賀毒素 2e 型) Swine edema disease vaccine (Shiga toxin 2e, Stx2e)	日本 Japan	182
レタス Lettuce	大腸菌易熱性腸管毒素 B サブユニット (LT-B) <i>Escherichia coli</i> heat-labile enterotoxin B subunit	韓国 South Korea	183
レタス Lettuce	麻疹ウイルスヘマグルチニン (MV-H) Measles virus hemagglutinin (MV-H) protein	オーストラリア Australia	184
レタス Lettuce	ブタ浮腫病ワクチン (腸管出血性大腸菌毒素 B サブ ユニット) Swine edema disease vaccine (enterohemorrhagic <i>Es-</i> <i>cherichia coli</i> Shiga toxin 2e B subunit, Stx2eB)	日本 Japan	185–191
レタス等 Lettuce, etc.	SARS-Cov スパイクタンパク質 (S1) SARS-CoV spike protein (S1)	中国 China	192

られているため、本研究の対象の情報とした。生産物・機能で最も多いのはインフルエンザワクチンの 9 件^{222,226–229,234,236,240,248})であった。

Table 15 に抗体医薬に関する情報の内容を示す。ワクチン抗原と同様に、抗体医薬も抽出精製後の使用を目的とするため、タバコの使用件数が多く使用作物 37 件中 22 件^{251,263–282,287}) がタバコである (Table 10 非食用作物別集計参照)。このうち、ワクチン抗原と同様に、GM 植物ウイルスのタバコへの感染を利用したものが 4 件^{251,276,279,280}) である。生産物・機能で最も多いのは抗腫瘍効果を示す抗体の 7 件^{254,255,258,260,261,265,288}) であった。なお、抗ダイオキシン単鎖抗体^{279,280}) やキュウリモザイクウイルス組換え抗体及びトマトスポットウイルス組換え抗体²⁸⁷) は、試薬としての利用を目的とされていたが、生産物が抗体であるため、この範囲に分類した。

Table 16 に治療薬に関する情報の内容を示す。前述と同様に治療薬も抽出精製後の使用を目的とするためタバコの使用件数が多く、使用作物 81 件中 29 件^{280,281,302,321–346}) がタバコである (Table 10 非食用作物別集計参照)。このうち、ワクチン抗原と同様に、GM 植物ウイルスのタバコへの感染を利用したものが 7 件^{280,321,326,336,337,340,344}) である。生産物・機能が動物由来の高機能タンパク質 (ホルモン、酵

素、オータコイドなど)ではなく、薬用植物が元来生産する薬用成分 (二次代謝物) 生産のため、薬用植物が使用された件数は 14 件^{292,295–298,303,304,317,350,351,355,356,358,360}) であり、このうち 7 件^{295,296,298,317,350,355,360}) の開発国は、薬用植物資源が豊富な中国であった。

Table 17 に診断薬・試薬に関する情報の内容を示す。本カテゴリーでの使用頻度が高い作物はイネ 3 件^{361–363}) シロイヌナズナ 3 件^{373–375}) タバコ 3 件^{363,374,375}) である (Tables 9 and 10 作物別集計参照)。本カテゴリーには、GM 植物により生産された酵素、タンパク質などを診断薬・試薬として用いる目的だけでなく、GM 植物そのものが診断薬・試薬として機能するように研究・開発されたものも含めた。^{367,373–375}) 例えば文献 367 は、生育環境にダイオキシンや芳香族炭化水素誘導体などの環境負荷化学物質があると花の色が変化する植物で、それらの検出に有用な植物の研究・開発である。同様に、文献 373 はアルキルフェノール等の内分泌攪乱物質のレベルをモニターするシロイヌナズナ、文献 374 と 375 は残留性有機汚染物質 (POPs) による環境汚染、特にダイオキシン類による汚染実態をモニターするタバコ等の研究・開発である。これらは環境浄化に関連した研究・開発であるが、直接環境を浄化する目的ではないため、本カテゴリーとした。

Table 13. Summary of Genetically Modified Plants for Human and Livestock Health and Phytoremediation from 2006 to 2010 (Edible Curatives)

作物 Crop	生産物・機能 Products・Function	開発国 Country	文献 Reference
アマ等 Flax, etc.	ニワトリインターロイキン-12 (ChIL-12, トリ感染症予防・治療) Chicken interleukin-12 (ChIL-12, prevention and cure of avian virus disease)	米国 USA	193
イチゴ Strawberry	イヌインターフェロン α (イヌ歯周病予防・治療) Canine Interferon- α (Prevention and cure of canine periodontal disease)	日本 Japan	194
イチゴ Strawberry	ウシ α ラクトアルブミン (血清コレステロール低下, 動脈硬化抑制), ヒトアディポネクチン (hAdi, 生活習慣病予防効果) Bovine α -lactalbumin (lowering serum cholesterol, prevention of arteriosclerosis), human adiponectin (hAdi, lifestyle-related disease prevention)	日本 Japan	195, 196
イチゴ Strawberry	ヒトアディポネクチン (hAdi, 生活習慣病予防効果) Human adiponectin (hAdi, lifestyle-related disease prevention)	日本 Japan	197-200
イネ Rice	グルカゴン様ペプチド 1 (インスリン分泌促進, 糖尿病予防) Glucagon-like peptide-1, GLP-1 (insulin secretagogue, diabetes prevention)	日本 Japan	201
イネ Rice	ノボキニン (RPLKPW ペプチド, 血圧降下) Novokinin (RPLKPW peptide, hypotensive)	日本 Japan	202
イネ Rice	スギ花粉症緩和米 Rice alleviating Japanese cedar pollinosis	日本 Japan	203, 205, 207
イネ Rice	ラクトスタチン (血清コレステロール低下), ノボキニン (RPLKPW ペプチド, 血圧降下) Lactostatin (lowering serum cholesterol), novokinin (RPLKPW peptide, hypotensive)	日本 Japan	204
イネ Rice	ヒト成長ホルモン Human growth hormone	日本 Japan	206
イネ Rice	ニコチアナミン Nicotianamine	日本 Japan	208
イネ Rice	インターロイキン-10 (IL-10) Interleukin-10 (IL-10)	日本 Japan	209
イネ (コシヒカリ) Rice (cv. Koshihikari)	ノボキニン (RPLKPW ペプチド, 血圧降下) Novokinin (RPLKPW peptide, hypotensive)	日本 Japan	210
ダイズ Soybean	アミロイド β タンパクエピトープペプチド (アルツハイマー病予防) Amyloid β protein epitope peptide (prevention of Alzheimer's disease)	日本 Japan	211-213
植物 Plant	脳血栓, 心臓血栓, 血栓治療薬 Cure of cerebral, cardiac thrombosis	中国 China	214
レタス (葉緑体) Lettuce (plastid)	ヒトチオレドキシン 1 (ストレス・炎症・アレルギー抑制) Human thioredoxin 1 (antistress, antiinflammatory, anti-allergic)	日本 Japan	215-217

Table 18 に環境浄化に関する情報の内容を示す。本カテゴリーでの使用頻度が高い作物はシロイヌナズナ 9 件^{389-395,403,404} タバコ 9 件^{397-404,407} である (Table 10 非食用作物別集計参照)。生産物・機能としては環境中の重金属耐性又は蓄積に関するものが最も多く 21 件^{378,379,381,382,384,385,389,390,393,394,396-398,401-404,407,408,411,412} である。リンの生体内利用率増加

を目的として研究・開発されたイネ,¹⁵⁾ ジャガイモ⁴²⁾ 及びナタネ⁸⁹⁾ は、家畜飼料としての利用を目的としており、機能性食品のカテゴリーに含めたが、同時に家畜の糞中の未利用のリンを減らし、土壌中に過剰なリンが蓄積すること (富栄養化) を防ぐことも目的としていたため、本カテゴリーにも含めた。また、土壌中のカドミウム除去を目的としたレ

Table 14. Summary of Genetically Modified Plants for Human and Livestock Health and Phytoremediation from 2006 to 2010 (Vaccine Antigens)

作物 Crop	生産物・機能 Products・Function	開発国 Country	文献 Reference
イネ Rice	子宮頸がん関連ヒトパピローマウイルス E7 タンパク質 (HPV 16E7) Cervical Cancer-related human papillomavirus (HPV) 16E7 protein	米国 USA	218
植物 Plant	大腸菌由来易熱性毒素 (NLTA 及び NLTB) <i>Escherichia coli</i> heat-labile toxin (NLTA and NLTB)	中国 China	219
植物 Plant	ハンタウイルスヌクレオカプシドタンパク質 Hanta virus nucleocapsid protein	韓国 South Korea	220
植物 Plant	ウサギ出血性疾患ウイルス VP60 Rabbit haemorrhagic disease virus VP60	スペイン Spain	221
植物 (植物ウイルス) Plant (plant virus)	パンデミックインフルエンザワクチン Pandemic flu vaccine	カナダ Canada	222
植物細胞 Plant cells	ニューカッスル病ワクチン抗原 (HN) Newcastle disease virus vaccine antigen (HN)	米国 USA	223
植物 Plant	ペスト菌 F1-V 抗原-ヒト免疫不全ウイルス HIV-1 gp41 膜近位タンパク質 (MPR649-684) Plague antigen fused with gp41 membrane proximal region (MPR649-684) of human immunodeficiency virus-1 (HIV-1)	米国 USA	224
植物 Plant	イヌパルボウイルスワクチンペプチド又はウサギカリシウイルス様粒子 Canine parvovirus vaccine peptide or virus-like particles from a rabbit calicivirus	スペイン Spain	225
植物 Plant	インフルエンザ抗原 (ヘマグルチニンポリペプチド, ノイラミダーゼポリペプチド) Influenza antigens (hemagglutinin polypeptides and neuraminidase polypeptides)	米国 USA	226
植物 Plant	HER2/neu 腫瘍タンパク質エピトープ, トリインフルエンザウイルスヘマグルチニンエピトープ Oncoprotein HER2/neu epitopes, avian influenza virus hemagglutinin epitopes	ロシア Russia	227
植物 Plant	インフルエンザウイルスヘマグルチニン (HA) Influenza hemagglutinin (HA)	カナダ Canada	228, 229
タバコ (葉緑体) Tobacco (plastid)	炭疽病防御抗原 (PA) Anthrax protective antigen (PA)	米国 USA	230
タバコ (核又は TMV*) Tobacco (nucleus or TMV)	ワタオウサギパピローマウイルス L1 カプシドタンパク質 Cottontail rabbit papillomavirus L1 capsid protein	南アフリカ South Africa	231
タバコ (TMV*) Tobacco (TMV)	ポリオウイルス I 型カプシドタンパク質 VP1, VP3 Poliovirus type 1 capsid protein VP1, VP3	日本 Japan	232
タバコ (PVX*) Tobacco (PVX)	ブタコレラウイルス (CSFV) E2 糖タンパク質 Swine fever virus (CSFV) E2 glycoprotein	イタリア Italy	233
タバコ Tobacco	ヒトパピローマウイルス (HPV) L1 又は L2 タンパク質, インフルエンザウイルスヘマグルチニン-H5 タンパク質 Human papillomavirus (HPV) L1 or L2 protein and/or influenza virus hemagglutinin-H5 protein	南アフリカ South Africa	234
タバコ Tobacco	コレラトキシン B サブユニット Cholera toxin B subunit	インド India	235
タバコ (PVX*) Tobacco (PVX)	トリインフルエンザ A ウイルス M2e 外部ドメインペプチド Avian influenza A virus matrix protein 2 (M2e)	米国 USA	236
タバコ Tobacco	ヒトパピローマウイルス 16 型 L1 カプシドタンパク質 Human papillomavirus type 16 (HPV-16) L1 capsid protein	南アフリカ South Africa	237

Table 14. (Continued)

作物 Crop	生産物・機能 Products・Function	開発国 Country	文献 Reference
タバコ Tobacco	ピロリ菌関連タンパク質 CagA, UreB <i>Helicobacter pylori</i> related proteins cagA, ureB	中国 China	238
タバコ (ウイルスベクター) Tobacco (virus vector)	ニューカッスル病ウイルス抗原エピトープ Newcastle disease virus antigen epitope	日本 Japan	239
タバコ培養細胞 NT-I Tobacco cell cultures NT-I	トリインフルエンザウイルスヘマグルチニン Avian influenza virus hemagglutinin	米国 USA	240
タバコ (葉緑体) Tobacco (plastid)	腸毒素産生性大腸菌 (ETEC) 耐熱性毒素 (ST)-大腸菌易熱性腸管毒素 B サブユニット (LT-B) Enterotoxigenic <i>Escherichia coli</i> (ETEC) heat-stable enterotoxin (ST)- <i>Escherichia coli</i> heat-labile enterotoxin B subunit (LT-B)	米国 USA	241
タバコ (葉緑体) Tobacco (plastid)	ジフテリア菌, 百日咳菌及び破傷風菌外毒素エピトープ (DPT) <i>Corynebacterium diphtheriae</i> , <i>Bordetella pertussis</i> and <i>Clostridium tetani</i> exotoxin epitope (DPT)	米国 USA	242
タバコ (TMV*) Tobacco (TMV)	ヒト免疫不全ウイルス HIV-1 外被タンパク質 gp41-Gag (ウイルス外被構成タンパク質) Human immunodeficiency virus-1 (HIV-1) gp41-Gag (virus envelope structural protein)	米国 USA	243
タバコ (ウイルスベクター) Tobacco (virus vector)	ヒト免疫不全ウイルス HIV-1 gp41 膜近位タンパク質 (MPR649-684) Human immunodeficiency virus-1 (HIV-1) gp41 membrane proximal region (MPR649-684)	米国 USA	244
タバコ (ウイルスベクター) Tobacco (virus vector)	B 型肝炎表面抗原 (HBsAg) Hepatitis B surface antigen (HBsAg)	米国 USA	245
タバコ Tobacco	抗エボラウイルスグライコプロテイン 1 (GP1) 単クローン抗体-GP1 融合タンパク質複合体 Anti Ebola virus glycoprotein 1 (GP1) monoclonal antibody-GP1 fused protein complex	米国 USA	246
タバコ (ウイルスベクター) Tobacco (virus vector)	B 型肝炎ウイルスコア抗原 (HBc), ノーウォークウイルスカプシドタンパク質 (NVCP) Hepatitis B virus core antigen (HBc), Norwalk virus capsid protein (NVCP)	米国 USA	247
タバコ (葉緑体) Tobacco (plastid)	大腸菌易熱性腸管毒素 B サブユニット (LT-B)-ヘマグルチニン-ノイラミニダーゼ (HN)-中和エピトープ融合タンパク質 (LTB-HNE) Heat-labile enterotoxin B subunit (LT-B)-hemagglutinin-neuraminidase-neutralizing epitope fusion protein (LTB-HNE)	韓国 South Korea	248
タバコ (ウイルスベクター) Tobacco (virus vector)	ニューカッスル病ウイルス抗原エピトープ Newcastle disease virus antigen epitope	日本 Japan	249
タバコ (葉緑体) Tobacco (plastid)	ヒト免疫不全ウイルス 1 (HIV-1) p24 抗原 Human immunodeficiency virus-1 (HIV-1) p24 antigen	ベトナム Vietnam	250
タバコ (ウイルスベクター) Tobacco (virus vector)	ウイルス様粒子 (VLP) ワクチン, 単クローン抗体 Virus like particle vaccine, monoclonal antibody	米国 USA	251
タバコ Tobacco	ワクチン抗原-リシン B サブユニットレクチン Vaccine antigen, ricin B subunit (RTB) lectin	米国 USA	252
タバコ Tobacco	コレラ毒素 B サブユニット (CTB)+デングウイルス外膜グライコプロテイン E 免疫原ドメイン III 融合タンパク質 Cholera toxin B subunit-domain III of dengue virus envelope glycoprotein E fusion protein	韓国 South Korea	253

*1 TMV: Tobacco mosaic virus, *2 PVX: Potato virus X.

Table 15. Summary of Genetically Modified Plants for Human and Livestock Health and Phytoremediation from 2006 to 2010 (Therapeutic Antibodies)

作物 Crop	生産物・機能 Products・Function	開発国 Country	文献 Reference
ウキクサ Lemna	ヒト化抗 CD20 単抗体 Humanized anti-CD20 monoclonal antibody	米国 USA	254
ウキクサ Lemna	リツキシマブ (ヒト-マウスキメラ型抗 CD20 抗体) Rituximab (human/mouse chimeric anti-CD20 monoclonal antibody)	米国 USA	255
ウキクサ Lemna	単クローン抗体 Monoclonal antibody	米国 USA	256
植物 Plant	治療用抗体 Antibody for remedy	米国 USA	257
植物 Plant	抗大腸がん単クローン抗体 CO17-1 Anti-human colorectal cancer monoclonal antibody CO17-1A	韓国 South Korea	258
植物 Plant	B 型肝炎抗体 HB-01 Anti-hepatitis B antibody HB-01	キューバ Cuba	259
植物 Plant	大腸がん細胞表面抗原 (GA733-2)-抗体複合体 Colorectal carcinoma cell surface specific protein (GA733-2)-antibody complex	韓国 South Korea	260
植物 Plant	抗腫瘍関連グライコプロテイン 72 (TAG-72) ヒト化抗体 (hzAb) フラグメント Humanized antibody (hzAb) fragment specific to TAG-72 (tumor-assocd. glycoprotein-72)	韓国 South Korea	261
シロイヌナズナ Thale-cress	抗ハンタンウイルス単クローン抗体単鎖 Fv 3G1 Single chain Fv of monoclonal antibody 3G1 against Hantaan virus	中国 China	262
タバコ Tobacco	植物型糖鎖エピトープを除いた単クローン抗体 Monoclonal antibody devoid of plant carbohydrate epitopes	オランダ Holland	263
タバコ Tobacco	ヒト抗狂犬病ウイルス単クローン抗体 Human anti-rabies virus monoclonal antibody	米国 USA	264
タバコ Tobacco	抗ルイス Y 糖鎖抗原単クローン抗体 Anti-Lewis Y monoclonal antibody	米国 USA	265
タバコ Tobacco	抗 2 本鎖 RNA 抗体単鎖 Fv フラグメント dsRNA-specific single-chain Fv antibody fragments	ハンガリー Hungary	266
タバコ Tobacco	ヒト抗ヒト免疫不全ウイルス (HIV) 単クローン抗体 2F5 Human anti-human immunodeficiency virus (HIV) monoclonal antibody 2F5 (mAb 2F5)	ギリシャ Greece	267
タバコ Tobacco	抗ボツリヌス菌 A 型毒素中和抗体 Fv 単鎖 Anti-botulinum toxin A neutralizing single-chain Fv	カナダ Canada	268
タバコ Tobacco	抗アイメリア・アセルブリナ (コクシジウム症を引き起こす原虫) ニワトリ分泌型 IgA 抗体 (sIgA) Anti <i>Eimeria acervulina</i> (protozoan causes coccidiosis) chicken secretory antibody sIgA	オランダ Holland	269
タバコ Tobacco	ラクダ抗 MUC1 ムチン単一可変領域抗体断片 Anti-mucin (MUC1) Camelidae single-domain monoclonal antibody	イラン Iran	270
タバコ Tobacco	植物型糖鎖エピトープを除いた単クローン抗体 Monoclonal antibody devoid of plant carbohydrate epitopes	オランダ Holland	271
タバコ Tobacco	抗ヒトテロメラーゼ (hTERT) Fv 単鎖抗体 (ScFv-hTERT) Anti human telomerase reverse transcriptase single chain antibody Fv	中国 China	272
タバコ Tobacco	植物型糖鎖エピトープを除いた単クローン抗体 Monoclonal antibody devoid of plant carbohydrate epitopes	オランダ Holland	273

Table 15. (Continued)

作物 Crop	生産物・機能 Products・Function	開発国 Country	文献 Reference
タバコ Tobacco	単クローン抗体 (Guy's 13, 4E10) Monoclonal antibody (Guy's 13, 4E10)	英国 UK	274
タバコ Tobacco	抗 HIV-1 単クローン抗体 2G12 Anti HIV monoclonal antibody 2G12 with modified plant carbohydrate	オーストリア, ドイツ Austria, Germany	275
タバコ (ササゲモザイクウイルスベクター: CPMV) Tobacco (cowpea mosaic virus vector: CPMV)	血液型タイピング IgG C5-1 Heavy and light chains of the blood group-typing im- munoglobulin G (IgG) C5-1	英国, カナダ UK, Canada	276
タバコ Tobacco	植物型糖鎖エピトープを除いた単クローン抗体 Monoclonal antibody devoid of plant carbohydrate epi- topes	ベルギー Belgium	277
タバコ Tobacco	単クローン抗体 Monoclonal antibody	英国 UK	278
タバコ (ウイルスベクターも含む) Tobacco (including virus vector)	抗ダイオキシン単鎖抗体 (scFv) Anti-dioxin monoclonal antibody single-chain variable fragment	日本 Japan	279
タバコ (組換えキュウリモザイクウイルス: CMV) Tobacco (recombinant cucum- ber mosaic virus: CMV)	抗ダイオキシン単鎖抗体 (DxscFv), インターロイキン-11 レセプターアンタゴニスト (IL1-Ra) Anti-dioxin single chain antibody, interleukin-1 recep- tor antagonist (IL1-Ra)	日本 Japan	280
タバコ (ウイルスベクター) Tobacco (virus vector)	ウイルス様粒子 (VLP) ワクチン, 単クローン抗体 Virus like particle vaccine, monoclonal antibody	米国 USA	251
タバコ Tobacco	単クローン抗体 (IgG), シアノピリン-N (HIV 阻害 物質) Monoclonal antibody, cyanovirin-N (HIV Inhibitor)	英国 UK	281
タバコ Tobacco	ミクロシスチン-LR (MC-LR) 特異的抗体 MicrocystinLR (MC-LR) -specific antibody	英国 UK	282
トウモロコシ Corn	ヒト化単クローン抗体 Humanized monoclonal antibody	米国 USA	283
トウモロコシ Corn	抗 HIV-1 ヒト単クローン抗体 (IgG) 2G13 Human immunoglobulin G (IgG) monoclonal antibody 2G12 exhibiting potent and broad human immunodef- iciency virus-1 (HIV-1)-neutralizing activity	オーストリア, ドイツ Austria, Germany	284
トウモロコシ Corn	抗 HIV モノクローナル抗体 Anti-HIV antibodies (2G12)	スペイン Spain	285
トマト Tomato	抗コクシジウムニワトリ IgA (n8, n10) Anti-Eimeria chicken IgA antibody (n8, n10)	オランダ Holland	286
トマト等 Tomato, etc.	キュウリモザイクウイルス組換え抗体, トマトスポッ トウイルス組換え抗体 Recombinant antibodies against cucumber mosaic virus and tomato spotted wilt virus	イタリア Italy	287
ヒメツリガネゴケ <i>Physcomitrella patens</i>	抗Lewis Y 抗原抗体 Anti-Lewis Y antibody	ドイツ Germany	288

ンゲソウ⁴¹²⁾は、GM 根粒菌を利用し、根粒菌とレンゲソウの共生を利用した土壤中のカドミウム除去能を有する植物の研究・開発であり、組換え植物ではないが、本カテゴリーとした。

考 察

米国における薬用及び環境浄化用の GM 植物野

外圃場申請・認可及び作付け状況調査の結果、2008 年以降は、認可面積及び作付け面積ともに減少していることが明らかとなった (Fig. 1)。このことは、GM 食品 (GM 大豆、GM トウモロコシなど) への許容度が高いと思われる米国においても、薬用及び環境浄化用の GM 植物の野外圃場での栽培は、容易ではないことが窺える。

Table 16. Summary of Genetically Modified Plants for Human and Livestock Health and Phytoremediation from 2006 to 2010 (Curatives)

作物 Crop	生産物・機能 Products・Function	開発国 Country	文献 Reference
イネ Rice	ヒトタイプ II コラーゲンエピトープペプチド Human type II collagen epitope peptide	日本 Japan	289
イネ Rice	アポリポプロテイン A-I Apolipoprotein A-I	イタリア Italy	290
ウキクサ Lemna	ヒトプラスミン (フィブリン分解酵素) Human plasmin (fibrinolytic enzyme)	米国 USA	291
ウラルカンゾウ Chinese licorice	グリチルリチン Glycyrrhizin	日本 Japan	292
エンドウ等 Pea, etc.	ヒト顆粒球・マクロファージコロニー刺激因子 (hGM-CSF) Human granulocyte-macrophage colony stimulating factor (hGM-CSF)	中国 China	293
オオムギ Barley	ヒト I 型コラーゲン $\alpha 1$ (C1a1) 鎖 Human collagen I alpha 1 (C1a1) chain	フィンランド Finland	294
クソニンジン <i>Artemisia annua</i>	アルテミシニン Artemisinin	中国 China	295, 296
ケシ Opium poppy	モルフィナンアルカロイド Morphinan alkaloids	米国 USA	297
サウスレア・インボルクラタ (雪蓮花) <i>Saussurea involucrata</i>	フラボノイド類 Flavonoids	中国 China	298
サツマイモ Sweet potato	溶解ペプチド JC41N, JC41ND Lytic peptide JC41N, JC41ND	米国 USA	299
ジャガイモ Potato	ヒアルロナン Hyaluronan	ドイツ Germany	300
ジャガイモ Potato	ヒトカルシトニン遺伝子関連ペプチド (CGRP) Human calcitonin-gene related peptide (CGRP)	中国 China	301
ジャガイモ等 Potato, etc.	ヒアルロン酸 Hyaluronic acid	日本 Japan	302
セリバオウレン <i>Coptis japonica</i>	ベルベリン Berberine	日本 Japan	303, 304
植物 Plant	ヒトマクロファージコロニー刺激因子 (hGM-CSF) Human granulocyte-macrophage colony stimulating factor (hGM-CSF)	中国 China	305
植物 Plant	インフルエンザ A ウイルス H1N1 亜型非構造 NS1 遺伝子 siRNA (インフルエンザウイルス増殖抑制) Influenza A virus subtype H1N1 nonstructural NS1 gene siRNA (suppression of influenza virus propagation)	米国 USA	306
植物 Plant	トリテルペンサポニン Triterpene saponin	米国 USA	307
植物 Plant	ヒトインスリン Human insulin	米国 USA	308
植物 Plant	ヒトブチリルコリンエステラーゼ Human butyrylcholinesterase	米国 USA	309
植物 (ウイルスベクターも含む) Plant (including plant virus vector)	パラオキシナーゼ 1 (PON-1) Paraoxonase-1 (PON-1)	米国 USA	310
植物 Plant	組織プラスミノゲン活性化物質 Tissue-type plasminogen activator	韓国 South Korea	311
植物 Plant	大腸がん細胞表面抗原 (GA733-2)-抗体複合体 Colorectal carcinoma cell surface specific protein (GA733-2)-antibody complex	韓国 South Korea	260
植物 Plant	ヒトグルコセレブロシダーゼ Human glucocerebrosidase	ドイツ Germany	312
植物 Plant	HER2/neu 腫瘍タンパク質エピトープ, トリインフルエンザウイルスヘマグルチニンエピトープ Oncoprotein HER2/neu epitopes, avian influenza virus hemagglutinin epitopes	ロシア Russia	227
植物 Plant	成長因子 Growth factor	アイスランド Iceland	313
植物 Plant	高付加価値異種発現タンパク質 High-value heterologous protein	アイスランド Iceland	314

Table 16. (Continued)

作物 Crop	生産物・機能 Products・Function	開発国 Country	文献 Reference
植物 Plant	治療用タンパク質 Therapeutic protein	日本 Japan	315
植物 Plant	テンポリン-Sha (抗菌ペプチド) Temporin-Sha (antimicrobial peptide)	フランス France	316
スウェルチア・ムソティ (センブリの仲間) <i>Swertia mussotii</i>	スウェルチアマリン Swertiamarin	中国 China	317
ゼニゴケ Liverwort	アラキドン酸 (プロスタグランジン, ロイコトリエン原料) Arachidonic acid (material for prostaglandin and leukotriene)	日本 Japan	318
ゼニゴケ Liverwort	ロイコトリエン Leukotriene	日本 Japan	319
ゼニゴケ Liverwort	プロスタグランジン H2 (PGH2) Prostaglandin H2 (PGH2)	日本 Japan	320
ダイズ等 (キュウリモザイク ウイルス: CMV) Soybean, etc. (Cucumber mosaic virus: CMV)	酸性線維芽細胞成長因子 (aFGF) Acidic fibroblast growth factor (aFGF)	日本 Japan	321
タバコ (葉緑体) Tobacco (plastid)	ヒトミューラー阻害物質 (MIS, 抗ミューラー管ホルモン) Human müllerian-inhibiting substance (MIS, anti-Müllerian hormone)	米国 USA	322
タバコ (葉緑体) Tobacco (plastid)	ヒト α 1-アンチトリプシン Human α 1-antitrypsin	フランス France	323
タバコ (培養細胞) Tobacco (cell cultures)	ヒトインターロイキン-18 (IL-18) Human interleukin-18 (IL-18)	韓国 South Korea	324
タバコ (培養細胞) Tobacco (cell cultures)	ソルリン (ヒトトロンボモジュリン誘導体), チスイ コウモリ由来デスマテプラーゼ (DSPA α 1, プラスミ ノーゲン活性化因子) Solulin (human thrombomodulin derivative), <i>Desmo-</i> <i>dus rotundus</i> desmoteplase (DSPA α 1, plasminogen ac- ticator)	ドイツ Germany	325
タバコ (ジャガイモウイルス X) Tobacco (potato virus X)	ウシ CD14 受容体 Bovine CD14 receptor	米国 USA	326
タバコ Tobacco	パチョロール (タキソール前駆体) Pachoulol (precursor for paclitaxel)	米国 USA	327
タバコ Tobacco	シアノビリン N (抗 HIV 薬) Cyanovirin-N (anti HIV virus agent)	英国 UK	328
タバコ Tobacco	セラミドトリヘキソシド Ceramide trihexoside	日本 Japan	329
タバコ Tobacco	ラクトシルセラミド Lactosyl ceramide	日本 Japan	330
タバコ Tobacco	ヒト α -L-イズロニダーゼ Human α -L-iduronidase	カナダ Canada	331
タバコ (培養細胞) Tobacco (cell cultures)	ヒアルロン酸 Hyaluronic acid	日本 Japan	332
タバコ培養細胞 BY-2 Tobacco cell cultures BY-2	ヒトカルシトニン Human calcitonin	ヨルダン Jordan	333
タバコ (葉緑体) Tobacco (plastid)	アプロチニン Aprotinin	フランス France	334
タバコ (毛状根培養) Tobacco hairy roots	マウスインターロイキン 12 (mIL-12) Mouse Interleukin-12 (mIL-12)	米国 USA	335
タバコ (タバコモザイクウイ ルス: TMV も含む) Tobacco (including tobacco mosaic virus: TMV)	ヒトブチルコリンエステラーゼ (BChE) Human butyrylcholinesterase (BChE)	米国 USA	336
タバコ (植物ウイルスベクター) Tobacco (plant virus vector)	植物型糖鎖修飾を除去した治療用タンパク質 Therapeutic proteins which eliminated plant-specific glycosylation	日本 Japan	337

Table 16. (Continued)

作物 Crop	生産物・機能 Products・Function	開発国 Country	文献 Reference
タバコ (培養細胞) Tobacco (cell cultures)	ヒトアセチルコリンエステラーゼ (AChE) Human acetylcholinesterase (AChE)	米国 USA	338
タバコ (培養細胞) Tobacco (cell cultures)	ヒアルロン酸 Hyaluronic acid	日本 Japan	339
タバコ (植物ウイルスベクター) Tobacco (plant virus vector)	ヒト成長ホルモン (hGH) Human growth hormone (hGH)	米国 USA	340
タバコ (葉緑体) Tobacco (plastid)	ヒトインスリン様成長因子 1 Human insulin like growth factor-1	米国 USA	341
タバコ Tobacco	シアノピリン N (抗 HIV 薬) Cyanovirin-N (anti HIV virus agent)	英国 UK	342
タバコ Tobacco	ヒト酵素 Human enzyme	日本 Japan	343
タバコ (組換えキュウリモザイクウイルス: CMV) Tobacco (recombinant cucumber mosaic virus: CMV)	抗ダイオキシン単鎖抗体 (DxscFv), インターロイキン-11 レセプターアンタゴニスト (IL1-Ra) Anti-dioxin single chain antibody, interleukin-1 receptor antagonist (IL1-Ra)	日本 Japan	280
タバコ (植物ウイルスベクター) Tobacco (plant virus vector)	ヒト α -1-抗トリプシン (AAT) Human alpha-1-antitrypsin (rAAT)	米国 USA	344
タバコ Tobacco	植物型糖鎖修飾を除去した治療用タンパク質 Therapeutic proteins which eliminated plant-specific glycosylation	日本 Japan	345
タバコ Tobacco	インターロイキン 12 (IL-12) Interleukin12 (IL-12)	米国 USA	346
タバコ Tobacco	単クローン抗体 (IgG), シアノピリン-N (HIV 阻害物質) Monoclonal antibody, cyanovirin-N (HIV Inhibitor)	英国 UK	281
トウモロコシ Corn	ヒトインシュリン Human insulin	ブラジル Brazil	347
トマト Tomato	ヒトインターフェロン α Human interferon α	日本 Japan	348
トマト Tomato	ヒト型糖鎖を持つ組換え糖タンパク質 Recombinant glycoproteins with human type saccharide chains	日本 Japan	349
ニチニチソウ Madagascar periwinkle	テルペンインドールアルカロイド (TIAs) Terpenoid indole alkaloids (TIAs)	中国 China	350
ニチニチソウ Madagascar periwinkle	テルペンインドールアルカロイド (TIAs) Terpenoid indole alkaloids (TIAs)	米国 USA	351
ニンジン (細胞培養) Carrot (cell cultures)	ヒトグルコセブロシダーゼ, α -ガラクトシダーゼ Human glucocerebrosidase or α -galactosidase	イスラエル Israel	352
ニンジン (培養細胞) Carrot (cell cultures)	高マンノース型グルコセブロシダーゼ (GCD), 高マンノース型 α -ガラクトシダーゼ High-mannose glucocerebrosidase (GCD) or α -galactosidase	イスラエル Israel	353
ヒメツリガネゴケ <i>Physcomitrella patens</i>	タキサ-4(5),11(12)-ジエン (抗がん剤パクリタキセル前駆体) Taxa-4(5),11(12)-diene (precursor of the anticancer drug paclitaxel)	米国 USA	354
ベラドンナ Belladonna	スコポラミン Scopolamine	中国 China	355
ベラドンナ Belladonna	ヒヨスチアミン Hyoscyamine	日本 Japan	356
マダラハウチワマメ Tarwi	マウスアデノシンデアミナーゼ (ADA) Mouse adenosine deaminase (ADA)	カナダ Canada	357
ラッカセイ Peanut	レスベラトロール Resveratrol	韓国 South Korea	358
レタス Lettuce	血液凝固第 III 因子 Blood-coagulation factor III	米国 USA	359
ロジオラ・サカリネンシス (高山紅景天) <i>Rhodiola sachalinensis</i>	サリドロサイド (抗うつ, 抗不安作用) Salidroside (antidepressant and anxiolytic actions)	中国 China	360

Table 17. Summary of Genetically Modified Plants for Human and Livestock Health and Phytoremediation from 2006 to 2010 (Diagnostic Agents & Reagents)

作物 Crop	生産物・機能 Products・Function	開発国 Country	文献 Reference
イネ Rice	タナチン（昆虫由来抗菌タンパク質） Thanatin (insect antimicrobial peptide)	日本 Japan	361
イネ Rice	動物細胞培養用培地成分 Components of animal cell culture media	米国 USA	362
イネ等 Rice, etc.	植物細胞壁分解酵素（エタノール等の生産） Cell wall-degrading enzymes (production of ethanol, etc.)	米国 USA	363
オオムギ Barley	動物成分が混入しない高付加価値異種タンパク質の生産 Animal-free protein production of high-value heterologous proteins	アイスランド Iceland	364
ジャガイモ Potato	ウシアプロチニン，トウモロコシシスタチン II Bovine aprotinin, corn cystatin II	カナダ Canada	365
ジャガイモ Potato	ヒト $\alpha(1)$ -アンチキモトリプシン Human $\alpha(1)$ -antichymotrypsin	カナダ Canada	366
植物 Plant	マウス芳香族炭化水素受容体（AhR），アントシアニン合成酵素（フラバノン-3-水酸化酵素又はフラボノイド 3',5'-水酸化酵素）等 RNAi（ダイオキシン等の環境負荷化学物質の検出） Mouse aromatic hydrocarbon receptor gene (AhR), flavanone 3 hydroxylase gene or flavonoid 3',5' hydroxylase gene RNAi, etc. (detecting an environmental burden chem., for example dioxin)	日本 Japan	367
植物 Plant	ヒトメタルチオネイン Human metallothionein	中国 China	368
植物（種子） Plant (seeds)	ブレプロキモシン Prepro-chymosin	カナダ Canada	369
植物 Plant	プロテアーゼ阻害タンパク質 Protease inhibitor	カナダ Canada	370
植物 Plant	α -アミラーゼ α -amylase	米国 USA	371
植物 Plant	ウシラクトフェリン，抗菌ペプチド Bovine lactoferrin, antimicrobial peptide	中国 China	372
シロイヌナズナ Thale-cress	エストロゲン α 受容体のリガンド結合ドメイン（mE）等（アルキルフェノール類等の組織内内分泌攪乱化学物質レベルのモニタリング） Ligand binding domain of estrogen receptor α (mE), etc. (monitoring the tissue levels of endocrine disrupting chems. such as alkylphenols)	日本 Japan	373
タバコ等 Tobacco, etc.	ほ乳動物由来芳香族炭化水素受容体（AhR）等（ダイオキシン類のバイオアッセイ） Animal aromatic hydrocarbon receptor gene (AhR), etc. (bioassay for dioxins)	日本, 米国 Japan, USA	374
タバコ等 Tobacco, etc.	マウス・モルモット由来アリルハイドロカーボン受容体（AhR）等（ダイオキシン類のモニタリング） mouse/guinea pig aryl hydrocarbon receptor (AhR), etc. (monitoring of dioxins)	日本 Japan	375

2006–2010 年に公表・出版された薬用及び環境浄化用 GM 植物に関する論文等を調査した結果、本研究で分類したカテゴリーのうち、機能性食品、治療薬、経口ワクチンの研究・開発件数が多いことが判明した（Table 5）。特に機能性食品及び治療薬は、使用される作物が多様（Table 6）であり、また、生産物・機能も多様（Tables 11 and 16）であることから、食品への意図しない混入を検知するた

めの普遍的技術を開発することが困難であり、情報を収集していくことが特に重要であると思われた。

一方経口ワクチンは、機能性食品及び治療薬に比べると使用される作物の種類が少なく（Table 6）、対象とする感染症が限られていることから（Table 12）、応用性の広い検知技術開発が可能と思われる。ワクチン抗原及び抗体医薬で使用された作物は圧倒的にタバコが多く（Tables 6, 14 and 15）、これ

Table 18. Summary of Genetically Modified Plants for Human and Livestock Health and Phytoremediation from 2006 to 2010 (Phytoremediation)

作物 Crop	生産物・機能 Products・Function	開発国 Country	文献 Reference
イネ Rice	リンの生体内利用率増加 Enhanced bioavailability of phosphorus	日本 Japan	15
イネ Rice	リン酸吸収の向上 Improvement of the uptaking of phosphate	中国 China	376
イネ Rice	リン酸吸収の向上 Improvement of the uptaking of phosphate	韓国 South Korea	377
イネ Rice	亜ヒ酸耐性 Arsenous acid-resistance	日本 Japan	378
カラシナ Indian mustard	重金属耐性の向上, 土壤中クロムの植物シュートへの移行 Increase in metal accumulation, translocating chromium from soil to plant shoot	インド India	379
ジャガイモ Potato	リンの生体内利用率の増加 Enhanced bioavailability of phosphorus	台湾 Taiwan	42
シャリンバイ Yeddo-hawthorn	二酸化窒素同化能の向上 Enhanced nitrogen dioxide incorporation ability	日本 Japan	380
植物 Plant	活性酸素ストレス耐性, 重金属耐性, 耐塩性 Resistance to active-oxygen stress, heavy metal or salinity stress resistance	日本 Japan	381
植物 Plant	カドミウム蓄積能 Cadmium accumulating ability	日本 Japan	382
植物 Plant	γ -ヘキサクロロシクロヘキサン (γ -HCH, リンダン, 昔殺虫剤として使用) 分解 Degradation of γ -Hexachlorocyclohexane (γ -HCH, lindane, that has been used as a herbicide)	スペイン Spain	383
植物 Plant	ストレス耐性 (重金属耐性, 耐塩性) Stress resistance (heavy metal resistance and salt tolerance)	カナダ Canada	384
植物 Plant	重金属耐性 heavy metal-resistance	米国 USA	385
植物 Plant	耐塩性, オルトリン酸塩取り込み量増加 Salt-tolerance, increase of orthophosphate uptake	米国 USA	386
植物 Plant	アルミニウム耐性 Aluminum resistance	日本 Japan	387
植物 Plant	二酸化硫黄耐性植物又は感受性植物の作出 Tolerance or sensitivity to sulfite-producing substances	イスラエル Israel	388
シロイヌナズナ Thale-cress	水銀耐性と蓄積量増加 Enhanced tolerance to and accumulation of mercury	米国 USA	389
シロイヌナズナ Thale-cress	ヒ素, 水銀及びカドミウム耐性 Tolerance to arsenic, mercury and cadmium	米国 USA	390
シロイヌナズナ Thale-cress	二酸化窒素による大気汚染の減少 Reduction of nitrogen dioxide pollution	日本 Japan	391
シロイヌナズナ Thale-cress	ポリ塩化ビフェニル (PCBs) 除去 Removal of polychlorinated biphenyls	日本 Japan	392
シロイヌナズナ Thale-cress	鉛蓄積及び耐性 Lead-accumulation and -resistance	日本 Japan	393
シロイヌナズナ Thale-cress	土壌及び水中のヒ素汚染軽減 Mitigation arsenic contamination in soil or water	米国 USA	394
シロイヌナズナ Thale-cress	ホルムアルデヒド耐性 Formaldehyde resistance	中国 China	395
シバ lawnny grass	乾燥耐性, 重金属耐性 Drought resistance, heavy metals tolerance	中国 China	396
タバコ Tobacco	カドミウム耐性 cadmium-tolerance	日本 Japan	397
タバコ (葉緑体) Tobacco (plastid)	水銀耐性 Mercury resistance	米国 USA	398

Table 18. (Continued)

作物 Crop	生産物・機能 Products・Function	開発国 Country	文献 Reference
タバコ Tobacco	トリクロロフェノール除去 Removal of trichlorophenol	日本 Japan	399
タバコ Tobacco	アルミニウム耐性 Aluminum resistance	中国 China	400
タバコ Tobacco	メチル水銀耐性及び蓄積 Methylmercury resistance and accumulation	日本 Japan	401
タバコ Tobacco	カドミウム蓄積能 Cadmium accumulating ability	トルコ Turkey	402
タバコ等 Tobacco, etc.	水銀高蓄積 Mercury-hyperaccumulation	日本 Japan	403
タバコ等 Tobacco, etc.	土壌中のカドミウム及び有機化合物除去 Removal of cadmium and organic compounds in soil	日本 Japan	404
トレニア Torenia	水中の無機リン酸吸収量の増加 Increase of inorganic phosphate absorption in water	日本 Japan	405
ナタネ（カノーラ） Canola	リンの生体内利用率増加 Enhanced bioavailability of phosphorus	中国, 米国 China, USA	89
ペチュニア Petunia	ベンゼンやトルエンによる大気汚染の処理 Treatment of air pollution caused by benzene and toluene.	中国 China	406
ペチュニア等 Petunia, etc.	重金属蓄積量の増加 Enhancement of heavy metal accumulation	中国 China	407
ヘビノネゴザ Athyrium yokoscense	重金属耐性及び蓄積能の改善 Improved heavy metal resistance and accumulation	日本 Japan	408
ポプラ等 Poplar, etc.	2,4,6-トリニトロトルエン（TNT）除去 Elimination 2,4,6-trinitrotoluene (TNT)	スペイン Spain	409
ヨシ Ditch reed	窒素吸収能増加 Enhancement of nitrogen adsorption	日本 Japan	410
マリーゴールド Marigold	重金属吸収能増加 Enhancement of heavy metal adsorption	日本 Japan	411
レンゲソウ（組換え根粒菌） Astragalus (recombinant Rhizobium)	土壌中のカドミウム除去 Elimination of cadmium in soil	日本 Japan	412

らのカテゴリーの食品への意図しない混入についてはそれほど問題にはならないと思われた。

本調査対象とした情報で使用頻度の高い食用作物は、イネ、トマト、レタス、ジャガイモ、トウモロコシであり、いずれも様々なカテゴリーで使用されていた (Tables 6, 9, and 11–18)。これらの作物は、食物としての利用も非常に多いことから、特に食品への意図しない混入については注視する必要がある、検知技術の開発が特に重要であると思われる。

今回の調査において、国内学会等の情報を得るのは容易であるが、海外で開催された学会等の要旨は、実際に学会大会に参加しなければ入手することができず、海外の学会等で公表された情報に関しては限られたものとなった。したがって、国別集計の結果、最も件数が多いのは日本となり、ついで、実際に学会に参加し情報を得た米国が続いた。しかし

ながら、それでも中国は 56 件の情報が得られている (Tables 7 and 8) ことから、中国は本調査対象の研究・開発が非常に活発であると思われる。中国は、日本にとって非常に重要な食品の輸入相手国である。健全な貿易関係を維持し、食品の安全性を確保していく上でも、本調査研究の継続が重要であると思われる。

日本の食料市場においては、依然として GM 食品に対する抵抗感が根強い。現在の GM 食品は、対応する非 GM の従来の食品が存在し、その選択は消費者の自由意志に委ねられている。一方、医薬品類は、確実にそれらの物質の供給を必要とする人々が存在し、より有効、より安全、より安価なものが求められている。薬用 GM 植物は、適切で厳格な栽培管理が必要不可欠であるが、医薬品類の供給源として優れており、この技術が健全かつ安全に発

展していくことが望まれる。また、環境浄化 GM 植物は、有害物質除去後の植物残査の管理を厳格にする必要はあるが、現実に汚染されている土地、空気あるいは水の浄化方法として期待できるものであり、やはり健全かつ安全に発展していくことが望まれる。

謝辞 本研究は、厚生労働科学研究費補助金「第3世代バイオテクノロジー応用食品等の安全性確保とリスクコミュニケーションに関する研究(H21-食品一般-007)」及び「非食用モダンバイオテクノロジー応用生物の食品への混入危害防止のための検知法開発に関する研究(H22-食品一般-001)」の一環として実施した。

REFERENCES

- 1) Ministry of Health, Labour and Welfare, List of products that have undergone safety assessment and been announced in the Official Gazette: <http://www.mhlw.go.jp/topics/idsenshi/dl/list.pdf>, cited 28 October, 2011.
- 2) Yoshimatsu K., *Pharm. Regul. Sci.*, **37**, 169–188 (2006).
- 3) U.S. Department of Agriculture, Animal and Plant Health Inspection Service, Release Permits for Pharmaceuticals, Industrials, Value Added Proteins for Human Consumption, or for Phytoremediation Granted or Pending by APHIS as of April 22, 2011: http://www.aphis.usda.gov/brs/ph_permits.html, cited 28 October, 2011.
- 4) APPLIED BIOTECHNOLOGY INSTITUTE, Selected Publications: <http://www.applied-biotech.org/publications-2.html>, cited 25 April, 2011.
- 5) Tacket C. O., Pasetti M., Edelman R., Clements J. D., Howard J. A., Streatfield S., *Vaccine*, **22**, 4385–4389 (2004).
- 6) Cheng B., Wu G., Vrinten P., Falk K., Bauer J. Qiu X., *Transgenic Res.*, **19**, 221–229 (2010).
- 7) Sugaya T., Hyeon-Jin S., Ezura H., Abstracts of papers, The 24th Annual Meeting of the Japanese Society of Plant Cell and Molecular Biology, Tsukuba, July 2006, p. 74.
- 8) Wakasa K., Hasegawa H., Nemoto H., Matsuda F., Miyazawa H., Tozawa Y., Morino K., Komatsu A., Yamada T., Terakawa T., Miyagawa H., *J. Exp. Bot.*, **57**, 3069–3078 (2006).
- 9) Matsuda F., Dubouzet J., Miyagawa H., Wakasa A., Abstracts of papers, Annual Meeting of Japan Society for Bioscience, Biotechnology, and Agrochemistry, Kyoto, March 2006, p. 188.
- 10) Kadowaki K., Abstracts of papers, Annual Meeting of Japan Society for Bioscience, Biotechnology, and Agrochemistry, Kyoto, March 2006, p. Shi 50.
- 11) Kadowaki K., Takahashi S., Kawamukai M., Shimada H., U.S. Patent 20060010519 (2006).
- 12) Motoyama T., Okumoto Y., Tanisaka T., Takaiwa F., Utsumi S., Abstracts of papers, Annual Meeting of Japan Society for Bioscience, Biotechnology, and Agrochemistry, Kyoto, March 2006, p. 189.
- 13) Dong K., Xu J., Zhu Z., Liu Y., Wang X., Fu Y., Sun C., *Zhongguo Nongye Kexue*, **39**, 2362–2367 (2006).
- 14) Shimada H., Jpn. Kokai Tokkyo Koho (2007), 21pp., JP 2007202427.
- 15) Kuwano M., Takaiwa F., Yoshida K., Abstracts of papers, The 25th Annual Meeting of the Japanese Society of Plant Cell and Molecular Biology, Chiba, August 2007, p. 182.
- 16) Wakasa K., Hasegawa H., Nemoto H., Matsuda F., Miyazawa H., Tozawa Y., Morino K., Komatsu A., Yamada T., Terakawa T., Miyagawa H., *J. Exp. Bot.*, **57**, 3069–3078 (2006).
- 17) Shou H., Wu P., Zheng L., Zheng Y., Cheng L., Lei X., Bei X., Faming Zhuanli Shenqing Gongkai Shuomingshu (2008), 17pp., CN 101200714.
- 18) Cheng B., Zhang J., Jiang H., Xia M., Zhu S., Wang J., Faming Zhuanli Shenqing Gongkai Shuomingshu (2009), 12pp., CN 101519660.
- 19) Abe K., Sekigawa A., Ozawa Y., Fujita N., Mitsui T., Otsubo K., Ito K., Kishine M., Abstracts of papers, Annual Meeting of Japan Society for Bioscience, Biotechnology, and Agrochemistry, Fukuoka, March 2009, p. 314 (3P1186B).

- 20) Saika H., Oikawa A., Matsuda F., Onodera H., Saito K., Toki S., Abstracts of papers, 12th World Congress of the International Association for Plant Biotechnology (IAPB), St. Louis, June 2010, P-154.
- 21) Bai C., Rivera S., Medina V., Canela R., Capell T., Sandmann G., Zhu C., Christou P., Abstracts of papers, 12th World Congress of the International Association for Plant Biotechnology (IAPB), St. Louis, June 2010, S-028.
- 22) Kawai K., Tanetani Y., Kado K., Shimizu I., Asano S., Kadowaki K., Ban Y., Kawamukai M., Japan. Patent 2010046043 (2010).
- 23) Lee S. C., Kim Y. G., Jeon E. S., Ahn J. H., KR Patent 2010042459 (2010).
- 24) Saika H., Toki S., Japan. Patent 2010051310 (2010).
- 25) Grusak M., Tang G., Yin S., Wang Y., Qin J., Dolnikowski G., Russell R., Abstracts of papers, 12th World Congress of the International Association for Plant Biotechnology (IAPB), St. Louis, June 2010, S-136.
- 26) Akama K., Abstracts of papers, The 28th Annual Meeting of the Japanese Society of Plant Cell and Molecular Biology, Sendai, September 2010, 1Aa-02, p. 30.
- 27) Saika H., Oikawa A., Matsuda F., Onodera H., Saito K., Toki S., Abstracts of papers, The 28th Annual Meeting of the Japanese Society of Plant Cell and Molecular Biology, Sendai, September 2010, 2Ca-05, p. 116.
- 28) Fukuzawa H., Yamato K., Kajikawa M., WO Patent 2006006710 (2006).
- 29) Cirpus P., Bauer J., Qiu X., Wu G., Chen B., Truksa M., Ger. Offen. (2007), 46pp., DE 102006008030.
- 30) Pons E., Rodríguez A., Alquezar B., Rodrigo M., Zacarías L., Peña L., Abstracts of papers, 12th World Congress of the International Association for Plant Biotechnology (IAPB), St. Louis, June 2010, S-264.
- 31) Das B., Goswami L., Ray S., Ghosh S., Bhattacharyya S., Das S., Majumder A. L., *Plant Cell Tissue Organ Cult.*, **86**, 216-231 (2006).
- 32) Narayanan N., Sayre R., Abstracts of papers, 12th World Congress of the International Association for Plant Biotechnology (IAPB), St. Louis, June 2010, S-220.
- 33) Lisko K. A., Harris R. S., Yactayo J., Lorence A., *In Vitro Cell. Dev. Biol.*, **44** (Suppl.), Issue Abstract, S28 (2008).
- 34) Ono E., Umesawa T., Hattori T., Suzuki S., Japan. Patent 2010207169 (2010).
- 35) Regina A., Bird A., Topping D., Bowden S., Freeman J., Barsby T., Kosar-Hashemi B., Li Z., Rahman S., Morell M., *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **103**, 3546-3551 (2006).
- 36) Frohberg C., Essigmann B., PCT Int. Appl. (2007), 84pp., WO 2007039317.
- 37) Frohberg C., Van Lipzig R., PCT Int. Appl. (2008), 79pp., WO 2008098975.
- 38) Bi R., Gao F., *Shengwu Jishu*, **17**, 33-36 (2007).
- 39) Birch R. G., Wu L., U.S. Patent 7250282 (2007).
- 40) Morris W. L., Ducreux L. J., Fraser P. D., Millam S., Taylor M. A., *Metab. Eng.*, **8**, 253-263 (2006).
- 41) Van Eck J., Garvin D. F., WO Patent 2006068946 (2006).
- 42) Yu S.-M., Hong Y.-F., U.S. Pat. Appl. Publ. (2009), 23pp., Cont.-in-part of U.S. Ser. No. 989719, Abandoned, US 2009092703.
- 43) Yu C. K., Lam C. N., Springob K., Schmidt J., Chu I. K., Lo C., *Plant Cell Physiol.*, **47**, 1017-1021 (2006).
- 44) Tang K., Ren W., Tang Y., Faming Zhuanli Shenqing Gongkai Shuomingshu (2009), 16pp., CN 101586108.
- 45) Tang Y., Tang K., Ren W., Wang Y., Faming Zhuanli Shenqing Gongkai Shuomingshu (2009), 12pp., CN 101514346.
- 46) Seo M. J., Ko Y. S., Jung J. H., Kim M. J., Repub. Korean Kongkae Taeho Kongbo (2009), 22pp., KR 2009028284.
- 47) Okazawa A., Hori K., Hashizume Y., Hata N., Baba T., Fukusaki E., Ono E., Satake H., Kobayashi A., Abstracts of papers, The 27th Annual Meeting of the Japanese Society of Plant Cell and Molecular Biology, Fujisawa, July 2009, 2Ca-15, p. 129.
- 48) Azadi P., Valentine N., Chin D., Nakamura I., Fujisawa M., Harada H., Misawa N., Mii M., Abstracts of papers, 12th World Congress of the International Association for Plant Biotechnology (IAPB), St. Louis, June 2010, S-026.

- 49) Takanashi K., Matsuda F., Ishimoto M., Wakasa A., Miyagawa H., Abstracts of papers, Annual Meeting of Japan Society for Bioscience, Biotechnology, and Agrochemistry, Fukuoka, March 2006, p. 181.
- 50) Tavva V. S., Kim Y.-H., Kagan I. A., Dinkins R. D., Kim K.-H., Collins G. B., *Plant Cell Rep.*, **26**, 61–70 (2007).
- 51) Zhai H., Bai X., Zhu Y., Chen X., *Dongbei Nongye Daxue Xuebao*, **40**, 60–65 (2009).
- 52) Wang Q., Dubois P., U.S. Pat. Appl. Publ. (2009), 26pp., US 2009064378.
- 53) Yamada T., Matsuda F., Saito K., Arai M., Watanabe S., Harada K., Kitamura K., Abstracts of papers, The 27th Annual Meeting of the Japanese Society of Plant Cell and Molecular Biology, Fujisawa, July 2009, p. 151 (2Ea-06).
- 54) Schmidt M., Herman E., Parrott W., Abstracts of papers, 12th World Congress of the International Association for Plant Biotechnology (IAPB), St. Louis, June 2010, S-296.
- 55) Ursin V., Froman B., Screen S., Lehman L., U.S. Patent 20100092640 (2010).
- 56) Shimizu S., Sakuradani E., WO Patent 2006019192 (2006).
- 57) Shimizu S., Sakuradani E., Japan. Patent 4587451 (2010).
- 58) Tian L., Dixon R. A., *Planta*, **224**, 496–507 (2006).
- 59) Ohara K., Kokado Y., Yamamoto H., Sato F., Yazaki K., Abstracts of papers, Annual Meeting of Japan Society for Bioscience, Biotechnology, and Agrochemistry, Kyoto, March 2006, p. Shi 49.
- 60) Dewey R. E., Bowen S. W., Siminszky B., Gavilano L., U.S. Pat. Appl. Publ. (2008), 72pp., Cont.-in-part of Appl. No. PCT/US2000/005665, US 2008202541.
- 61) Jones L., Leach G., Coates S., WO Patent 2010018234 (2010).
- 62) Zhao D., Chen F., Jin Z., Fu C., CN Patent 101693739 (2010).
- 63) Xie D. Y., Sharma S. B., Wright E., Wang Z. Y., Dixon R. A., *Plant J.*, **45**, 895–907 (2006).
- 64) Taniguchi M., Takeishi A., Nagata Y., Inoue E., Tamagake H., Anzai H., Abstracts of papers, Annual Meeting of Japan Society for Bioscience, Biotechnology, and Agrochemistry, Kyoto, March 2006, p. 190.
- 65) Huang S., Frizzi A., Florida C. A., Kruger D. E., Luethy M. H., *Plant Mol. Biol.*, **61**, 525–535 (2006).
- 66) Wang P., Gao W., Guan S., Qu J., Zhang J., Yao D., Ma J., *Jilin Nongye Daxue Xuebao*, **30**, 415–418 (2008).
- 67) Wang P., Gao W., Guan S., Qu J., Zhang J., Yao D., Ma J., *Jilin Nongye Daxue Xuebao*, **30**, 426 (2008).
- 68) Naqvia S., Zhu C., Farre G., Ramessar K., Bassie L., Breitenbach J., Conesa D. P., Ros G., Sandmann G., Capell T., Christou P., *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **106**, 7762–7767 (2009).
- 69) Zhu C., Naqvi S., Farre G., Sandmann G., Capell T., Christou P., Abstracts of papers, 12th World Congress of the International Association for Plant Biotechnology (IAPB), St. Louis, June 2010, S-380.
- 70) van der Rest B., Danoun S., Boudet A. M., Rochange S. F., *J. Exp. Bot.*, **57**, 1399–1411 (2006).
- 71) Kisaka H., Kida T., Miwa T., *Breeding Science*, **57**, 101–106 (2007).
- 72) Yano M., Fukukawa G., Sun H.-J., Fukuda N., Ezura H., Abstracts of papers, The 25th Annual Meeting of the Japanese Society of Plant Cell and Molecular Biology, Chiba, August 2007, p. 88.
- 73) Ezura H., Mizoguchi T., Fukuda N., Tanase K., Hirai T., Kato K., Kim Y.-W., Yano M., Tamura H., Fukukawa G., Furukawa N., Tsunoda H., Ikegami Y., The 26th Biotechnology Symposium, Tokyo, November 2008, preprint, pp. 97–98.
- 74) Kuroda H., Ichikawa T., Nishizaki N., Kikuzaki A., Takane K., Tanase K., Hirai T., Kato K., Kim Y.-W., Duhita N., Yano M., Mizoguchi T., Fukuda N., Miyazaki H., Yoshida S., Ezura H., Tsunoda H., Ikegami Y., The 27th Biotechnology Symposium, Tokyo, November 2009, preprint, O-11, pp. 35–38.
- 75) Hiwasa-Tanase K., Hirai T., Kato K., Ichikawa T., Mizoguchi T., Fukuda N., Kakuta H., Ezura H., Abstracts of papers, 12th World Congress of the International Association for Plant Biotechnology (IAPB), St. Louis, June

- 2010, S-102.
- 76) Kim H. S., Kwon S. Y., Jeon J. H., Choi U. S., Hwang J. I., Kim Y. G., Jung H., KR Patent 2010032474 (2010).
 - 77) Kato K., Yoshida R., Kikuzaki A., Hirai T., Kuroda H., Takane K., Hiwasa-Tanase K., Ezura H., Mizuguchi T., Abstracts of papers, The 28th Annual Meeting of the Japanese Society of Plant Cell and Molecular Biology, Sendai, September 2010, 1Da-04, p. 72.
 - 78) Hirai T., Kurokawa N., Kato K., Hiwasa-Tanase K., Ezura H., Abstracts of papers, The 28th Annual Meeting of the Japanese Society of Plant Cell and Molecular Biology, Sendai, September 2010, 1Da-05, p. 73.
 - 79) Hiwasa-Tanase K., Nyarubona M., Hirai T., Kato K., Ezura H., Abstracts of papers, The 28th Annual Meeting of the Japanese Society of Plant Cell and Molecular Biology, Sendai, September 2010, 1Da-06, p. 74.
 - 80) Kurokawa N., Kim Y. -W., Hirai T., Kato K., Hiwasa-Tanase K., Ezura H., Abstracts of papers, The 28th Annual Meeting of the Japanese Society of Plant Cell and Molecular Biology, Sendai, September 2010, 1Da-07, p. 75.
 - 81) Ezura H., Mizoguchi T., Fukuda N., Miyazaki H., Tanase K., Hirai T., Kato K., Yano M., Duhita N., Yoshikawa N., Kurokawa N., Ikematsu T., Tsunoda H., Ikegami Y., The 28th Biotechnology Symposium, Yokohama, September 2010, preprint, pp. 52-53.
 - 82) Kuroda H., Ichikawa T., Nishizaki N., Kikuzaki A., Takane K., Tanase K., Duhita N., Yoshida S., Ezura H., The 28th Biotechnology Symposium, Yokohama, September 2010, preprint, pp. 54-55.
 - 83) Ezura H., Sun H.-J., Kirita M., Ichikawa T., Nishizaki N., WO Patent 2006014018 (2006).
 - 84) Yazaki K., The 27th Biotechnology Symposium, Tokyo, November 2009, preprint, pp. 93-94.
 - 85) Yazaki K., The 28th Biotechnology Symposium, Yokohama, September 2010, preprint, pp. 58-59.
 - 86) Husken A., Baumert A., Milkowski C., Becker H. C., Strack D., Mollers C., *Theor. Appl. Genet.*, **111**, 1553-1562 (2005).
 - 87) Broglie R. M., Debonte L. R., Hitz W. D., Miao G.-H., Reiter R. S., U.S. Patent 7109392 (2006).
 - 88) Chen W., Li J., Dong Y., Li G., Cun S., Wang J., *Zhiwu Shengli Yu Fenzi Shengwuxue Xuebao*, **32**, 665-671 (2006).
 - 89) Peng R.-H., Yao Q.-H., Xiong A.-S., Cheng Z.-M., Li Y., *Plant Cell Rep.*, **25**, 124-132 (2006).
 - 90) Misawa N., Fujisawa M., Harada H., Takita E., Sakurai N., Suzuki H., Shibata D., Oyama K., The 26th Biotechnology Symposium, Tokyo, November 2008, preprint, pp. 64-66.
 - 91) Peng Q., Hu Y., Wei R., Zhang Y., Guan C., Ruan Y., Liu C., *Plant Cell Rep.*, **29**, 317-325 (2010).
 - 92) Zank T., Oswald O., WO Patent 2006125756 (2006).
 - 93) Harada H., Fujisawa M., Teramoto M., Sakurai N., Suzuki H., Oyama K., Shibata D., Misawa N., Abstracts of papers, The 27th Annual Meeting of the Japanese Society of Plant Cell and Molecular Biology, Fujisawa, July 2009, p. 155 (2Ea-10).
 - 94) Misawa N., Fujisawa M., Harada H., Takita E., Sakurai N., Suzuki H., Shibata D., Oyama K., Abstracts of papers, Annual Meeting of Japan Society for Bioscience, Biotechnology, and Agrochemistry, Fukuoka, March 2009, p. 315 (3P1195A).
 - 95) Fujisawa M., Harada H., Misawa N., Takita E., Sakurai N., Suzuki H., Shibata D., The 27th Biotechnology Symposium, Tokyo, November 2009, preprint, pp. 55-56.
 - 96) Morris J., Hawthorne K. M., Hotze T., Abrams S. A., Hirschi K. D., *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **105**, 1431-1435 (2008).
 - 97) Ananga A., Dodo H., Konan K., *In Vitro Cell. Dev. Biol.*, **44** (Suppl.), Issue Abstract, S36-S37 (2008).
 - 98) Ruhmann S., Treutter D., Fritche S., Briviba K., Szankowski I., *J. Agric. Food Chem.*, **54**, 4633-4640 (2006).
 - 99) Park S. H., Elless M. P., Park J., Lim W., Hirschi K. D., *In Vitro Cell. Dev. Biol.*, **44** (Suppl.), Issue Abstract, S54-S55 (2008).
 - 100) Shohael A., Kim Y.-W., Yano M., Hirai T., Ezura H., Abstracts of papers, The 27th Annual Meeting of the Japanese Society of Plant Cell and Molecular Biology, Fujisawa, July

- 2009, 1Ea-06, p. 105.
- 101) Liu R., Hu Y., Li J., Lin Z., *Metab. Eng.*, **9**, 1–7 (2007).
 - 102) Yoshimura S., Tabe N., Yabuta Y., Tamoi M., Shigeoka S., Abstracts of papers, Annual Meeting of Japan Society for Bioscience, Biotechnology, and Agrochemistry, Fukuoka, March 2009, p. 314 (3P1188B).
 - 103) Satake H., Morimoto K., Kim Y.-W., Ono E., Okazawa A., Hata N., Kobayashi A, The 26th Biotechnology Symposium, Tokyo, November 2008, preprint, pp. 79–80.
 - 104) Satake H., Morimoto K., Kim Y.-W., Ono E., Okazawa A., Hata N., Kobayashi A, The 27th Biotechnology Symposium, Tokyo, November 2009, preprint, 2–8, pp. 85–86.
 - 105) Satake H., Morimoto K., Murata J., Okazawa A., Hata N., Kobayashi A, The 28th Biotechnology Symposium, Yokohama, September 2010, preprint, 1–8, pp. 50–51.
 - 106) Jung R., U.S. Pat. Appl. Publ. (2008), 33pp., US 2008134361.
 - 107) Graham I. A., Larson T., Napier J. A., *Curr. Opin. Biotechnol.*, **18**, 142–147 (2007).
 - 108) Damude H. G., Kinney A. J., U.S. Pat. Appl. Publ. (2008), 71pp., US 2008194685.
 - 109) Dhugga K. S., Appenzeller L. M., Gupta R., Abbaraju H. K. R., U.S. Pat. Appl. Publ. (2009), 64pp., US 2009094712.
 - 110) Haertel H., Oswald O., WO Patent 2006133166 (2006).
 - 111) Kitazawa H., Shibatani S., Sogabe A., Japan. Patent 2006304779 (2006).
 - 112) Cirpus P., Bauer J., Ger. Patent 102005013779 (2006).
 - 113) Froberg C., Essigmann B., PCT Int. Appl. (2007), 105pp. WO 2007039316.
 - 114) Cirpus P., Bauer J., Qiu X., Wu G., Datla N., Truksa M., PCT Int. Appl. (2007), 77pp., WO 2007017419.
 - 115) Yun S. J., Park M. R., Park M. H., Lee H. J., Repub. Korean Kongkae Taeho Kongbo (2007), No pp. given.
 - 116) Hartnell G. F., Ursin V. M., Lucas D., PCT Int. Appl. (2009), 44pp. WO 2009097403.
 - 117) Tang K., Ren W., Tang Y., Faming Zhuanli Shenqing Gongkai Shuomingshu (2009), 16pp., CN 101586110.
 - 118) Zuo J., Mou J., Wang X., Teng C., Tan H., Faming Zhuanli Shenqing Gongkai Shuomingshu (2009), 19pp., CN 101597329.
 - 119) Tang Y., Tang K., Ren W., Faming Zhuanli Shenqing Gongkai Shuomingshu (2009), 12pp., CN 101514345.
 - 120) Meyer K., PCT Int. Appl. (2009), 149pp., WO 2009046006.
 - 121) Chen X., Zhang M., Chen D., Faming Zhuanli Shenqing Gongkai Shuomingshu (2009), 10pp., CN 101429509.
 - 122) Hartnell G. F., PCT Int. Appl. (2010), WO 2010027788.
 - 123) Duesing J. H., Kinney A. J., Siehl D., U.S. Patent 20100115661 (2010).
 - 124) Chen H., Saksa K., Zhao F., Qiu J., Xiong L., Abstracts of papers, 12th World Congress of the International Association for Plant Biotechnology (IAPB), St. Louis, June 2010, S–370.
 - 125) Hacohe Z., Khozin Goldberg I., Ofir R., Umidjon I., WO Patent 2010067352 (2010).
 - 126) Sun X., Li Y., Tang K., CN Patent 101736020 (2010).
 - 127) Huang L. K., Liao S. C., Chang C. C., Liu H. J., *J. Virol. Methods*, **134**, 217–222 (2006).
 - 128) Lee R. W., Cornelisse M., Ziauddin A., Slack P. J., Hodgins D. C., Strommer J. N., Shewen P. E., Lo R. Y., *J. Biotechnol.*, **135**, 224–231 (2008).
 - 129) Ye Y., Li W., *Xibao Yu Fenzi Mianyixue Zazhi*, **26**, 750–753 (2010).
 - 130) Ye Y., Li W., *Xibao Yu Fenzi Mianyixue Zazhi*, **26**, 757 (2010).
 - 131) Yang Z. Q., Liu Q. Q., Pan Z. M., Yu H. X., Jiao X. A., *Vaccine*, **25**, 591–598 (2007).
 - 132) Shimada T., Kasahara S., Sugita K., Nanto K., Wasai M., Shinya T., Takaiwa F., The 26th Biotechnology Symposium, Tokyo, November 2008, preprint, pp. 75–76.
 - 133) Kurokawa S., Takahashi Y., Mejima M., Ishikawa I., Nakanishi U., Yuki Y., Tokuhara D., Nochi T., Kataoka N., Kiyono H., The 26th Biotechnology Symposium, Tokyo, November 2008, preprint, pp. 77–78.
 - 134) Huang N., Zhang D., Nandi S., Petersen L. R., PCT Int. Appl. (2009), 53pp., WO 2009126816.
 - 135) Kurokawa S., Mejima M., Ishikawa I., Takahashi Y., Nakanishi U., Tokuhara D., Hatai

- H., Nakahachi A., Yuki Y., Kiyono H., The 27th Biotechnology Symposium, Tokyo, November 2009, preprint, pp. 67–68.
- 136) Kasahara S., Nanto K., Wasai M., Takaiwa F., Nochi, T., Yuki Y., Kiyono H., Fukuzawa N., Matsumura K., Shimada T., Shimada T., Sugita K., Shinya T., Abstracts of papers, The 27th Annual Meeting of the Japanese Society of Plant Cell and Molecular Biology, Fujisawa, July 2009, 1Ea–11, p. 110.
 - 137) Shimada T., Kasahara S., Fujii Y., Nanto K., Oshima R., Wasai M., Nakahama K., Takahashi S., Takaiwa F., The 28th Biotechnology Symposium, Yokohama, September 2010, preprint, pp. 30–31.
 - 138) Kurokawa S., Mejima M., Ishikawa I., Takahashi Y., Nakanishi U., Tokuhara D., Nochi T., Nakahachi A., Yuki Y., Kiyono H., The 28th Biotechnology Symposium, Yokohama, September 2010, preprint, pp. 32–33.
 - 139) Kasahara S., Wasai M., Shinya T., Oshima R., Nanto K., Fujii Y., Takaiwa F., Nochi, T., Yuki Y., Kiyono H., Fukuzawa N., Matsumura K., Abstracts of papers, The 28th Annual Meeting of the Japanese Society of Plant Cell and Molecular Biology, Sendai, September 2010, 1Da–11, p. 79.
 - 140) Oshima R., Nanto K., Wasai M., Shinya T., Takaiwa F., Nochi, T., Yuki Y., Kiyono H., Kasahara S., Abstracts of papers, The 28th Annual Meeting of the Japanese Society of Plant Cell and Molecular Biology, Sendai, September 2010, 1Da–12, p. 80.
 - 141) Hensel G., Abstracts of papers, 12th World Congress of the International Association for Plant Biotechnology (IAPB), St. Louis, June 2010, P–68.
 - 142) Li J. T., Fei L., Mou Z. R., Wei J., Tang Y., He H. Y., Wang L., Wu Y. Z., *Virology*, **356**, 171–178 (2006).
 - 143) Matsumura K., Abstracts of papers, Annual Meeting of Japan Society for Bioscience, Biotechnology, and Agrochemistry, Kyoto, March 2006, Shi 97.
 - 144) Miyoshi Y., Susa K., Himeno N., Gotanda T., Ito R., The 26th Biotechnology Symposium, Tokyo, November 2008, preprint, pp. 36–39.
 - 145) Miyoshi Y., Susa K., Himeno N., Gotanda T., Ito R., Tasaka Y., The 27th Biotechnology Symposium, Tokyo, November 2009, preprint, 2–5, pp. 75–76.
 - 146) Thanavala Y., Arntzen C. J., Mason H. S., U.S. Patent 7572466 (2009).
 - 147) Thanavala Y., U.S. Patent 7585522 (2009).
 - 148) Thanavala Y., Arntzen C. J., Mason H. S., U.S. Patent 7527810 (2009).
 - 149) Thanavala Y., Lugade A. A., *Immunol. Res.*, **46**, 4–11 (2010).
 - 150) Miyoshi Y., Susa K., Himeno N., Gotanda T., Tasaka Y., Ito R., Matsumura K., Sakoda Y., Kita H., The 28th Biotechnology Symposium, Yokohama, September 2010, preprint, pp. 40–41.
 - 151) Liang W., Huang Y., Yang X., Zhou Z., Pan A., Qian B., Huang C., Chen J., Zhang D., *FEMS Immunol. Med. Microbiol.*, **46**, 393–399 (2006).
 - 152) Wu Y., Liu J., Tang Y., Lu Y., Chen H., CN Patent 1861793 (2006).
 - 153) Gil F., Titarenko E., Terrada E., Arcalis E., Escribano J. M., *Plant Biotechnol. J.*, **4**, 135–143 (2006).
 - 154) Daniell H., PCT Int. Appl. (2007), 32pp., WO 2007053182.
 - 155) Hwang C. H., Repub. Korean Kongkae Taeho Kongbo (2008), 13pp., KR 2008036162.
 - 156) Yang J.-S., Yang E. H., PCT Int. Appl. (2009), 64pp., WO 2009008573.
 - 157) Daniell H., WO Patent 2010033275 (2010).
 - 158) Gil F., Reytor E., Perez-Filgueira D. M., Escribano J. M., *J. Biotechnol.*, **128**, 512–518 (2007).
 - 159) Wen S. X., Teel L. D., Judge N. A., O'Brien A. D., *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **103**, 7082–7087 (2006).
 - 160) Zhang H., Zhang X., Liu M., Zhang J., Li Y., Zheng C. C., *Biotechnol. Appl. Biochem.*, **43**, 33–38 (2006).
 - 161) Lee K. Y., Kim D. H., Kang T. J., Kim J., Chung G. H., Yoo H. S., Arntzen C. J., Yang M. S., Jang Y. S., *FEMS Immunol. Med. Microbiol.*, **48**, 381–389 (2006).
 - 162) Tuli R., Sawant S. V., Ashraf S., Singh P. K., Yadav D., Shahnawaz M., Mishra S., WO Patent 2006016380 (2006).
 - 163) Matoba N., Kajiura H., Cherni I., Doran J. D., Bomsel M., Fujiyama K., Mor T. S., *In Vitro Cell. Dev. Biol.*, **44** (Suppl.), Issue Ab-

- struct, S35 (2008).
- 164) Chia M.-Y., Hsiao S.-H., Chan H.-T., Do Y.-Y., Huang P.-L., Chang H.-W., Tsai Y.-C., Lin C.-M., Pang V. F., Jeng C.-R., *Vet. Immunol. Immunopathol.*, **135**, 234–242 (2010).
 - 165) Sala M., Greco R., Michel M., Guetard D., Wain-Hobson S., Sala F., PCT Int. Appl. (2008), 144pp., WO 2008035210.
 - 166) Guerrero-Andrade O., Loza-Rubio E., Olivera-Flores T., Fehervari-Bone T., Gomez-Lim M. A., *Transgenic Res.*, **15**, 455–463 (2006).
 - 167) Karaman S., Cunnick J., Wang K., *Mol. Biotechnol.*, **32**, 31–42 (2006).
 - 168) Wang K., *In Vitro Cell. Dev. Biol.*, **44** (Suppl.), Issue Abstract, S25 (2008).
 - 169) Qi X., Li G., Hu J., *Fenzi Zhiwu Yuzhong*, **8**, 899–903 (2010).
 - 170) Shchelkunov S. N., Salyaev R. K., Pozdnyakov S. G., Rekoslavskaya N. I., Nesterov A. E., Ryzhova T. S., Sumtsova V. M., Pakova N. V., Mishutina U. O., Kopytina T. V., Hammond R. W., *Biotechnol. Lett.*, **28**, 959–967 (2006).
 - 171) Saldana S., Esquivel Guadarrama F., Olivera Flores Tde J., Arias N., Lopez S., Arias C., Ruiz-Medrano R., Mason H., Mor T., Richter L., Arntzen C. J., Gomez Lim M. A., *Viral Immunol.*, **19**, 42–53 (2006).
 - 172) Alvarez M. L., Pinyerd H. L., Crisantes J. D., Rigano M. M., Pinkhasov J., Walmsley A. M., Mason H. S., Cardineau G. A., *Vaccine*, **24**, 2477–2490 (2006).
 - 173) Chen H. F., Chang M. H., Chiang B. L., Jeng S. T., *Vaccine*, **24**, 2944–2951 (2006).
 - 174) Lou X.-M., Yao Q.-H., Zhang Z., Peng R.-H., Xiong A.-S., Wang H.-K., *Clin. Vaccine Immunol.*, **14**, 464–469 (2007).
 - 175) Chowdhury K., Kantor M., *In Vitro Cell. Dev. Biol.*, **44** (Suppl.), Issue Abstract, S35 (2008).
 - 176) Topal E., Alvarez M. L., Mason H. S., *In Vitro Cell. Dev. Biol.*, **44** (Suppl.), Issue Abstract, S36 (2008).
 - 177) Liu J., Li F., Shi Y., Zhang Y., Su Z., Li J., Lu H., Faming Zhuanli Shenqing Gongkai Shuomingshu (2007), 14pp., CN 101070544.
 - 178) Du G., Song C., Zhang G., Sun X., *Zhongguo Shengwu Zhipinxue Zazhi*, **19**, 127–129, 133 (2006).
 - 179) Kim Y.-S., Kim M.-Y., Kim T.-G., Yang M.-S., *Mol. Biotechnol.*, **41**, 8–14 (2009).
 - 180) Lindh I., Wallin A., Kalbina I., Saevenstrand H., Engstroem P., Andersson S., Strid A., *Protein Expr. Purif.*, **66**, 46–51 (2009).
 - 181) Zhang Z., Tang Y., Xue W., Liu J., Liang Z., Lu Y., Wu Y., *Zhongguo Nongye Kexue*, **41**, 303–307 (2008).
 - 182) Sawada K., Abstracts of papers, The 25th Annual Meeting of the Japanese Society of Plant Cell and Molecular Biology, Chiba, August 2007, p. 31.
 - 183) Kim T. G., Kim M. Y., Kim B. G., Kang T. J., Kim Y. S., Jang Y. S., Arntzen C. J., Yang M. S., *Protein Expr. Purif.*, **51**, 22–27 (2007).
 - 184) Webster D. E., Smith S. D., Pickering R. J., Strugnell R. A., Dry I. B., Wesselingh S. L., *Vaccine*, **24**, 3538–3544 (2006).
 - 185) Asao H., Matsui T., Kato K., Sawada K., Yoshida K., Abstracts of papers, The 26th Annual Meeting of the Japanese Society of Plant Cell and Molecular Biology, Osaka, September 2008, 2Bp–08, p. 170.
 - 186) Yoshida K., Sawada K., Matsui T., Makino S., Kawamoto K., Yoshida M., Yoshida N., Yoshida K., PCT Int. Appl. (2009), 59pp., WO 2009004842.
 - 187) Sawada K., Takita E., Sato T., Matsui T., Kadoyama Y., Kaneshiro S., Makino S., Kawamoto K., Kariya H., Kato K., Asao H., Hamabata T., The 28th Biotechnology Symposium, Yokohama, September 2010, preprint, pp. 46–47.
 - 188) Okamura K., The 28th Biotechnology Symposium, Yokohama, September 2010, preprint, O-4, pp. 8–9.
 - 189) Takita E., Matsui T., Asao H., Okamura K., Kariya H., Sato T., Hamabata T., Kawamoto K., Makino S., Kato K., Sawada K., Abstracts of papers, The 28th Annual Meeting of the Japanese Society of Plant Cell and Molecular Biology, Sendai, September 2010, 2Ca–01, p. 112.
 - 190) Matsui T., Kaneshiro S., Takita E., Sato T., Hamabata T., Sawada K., Asao H., Kato K., Abstracts of papers, The 28th Annual Meeting of the Japanese Society of Plant Cell and Molecular Biology, Sendai, September 2010, 2Ca–02, p. 113.

- 191) Sawada K., Matsui T., Kawamoto K., Makino S., Kato K., Yoshida K., Abstracts of papers, The 26th Annual Meeting of the Japanese Society of Plant Cell and Molecular Biology, Osaka, September 2008, 2Bp-07, p. 169.
- 192) Li H. Y., Ramalingam S., Chye M. L., *Exp. Biol. Med.* (Maywood), **231**, 1346-1352 (2006).
- 193) Medrano G., Dolan M., Rubio N., McMickle A., Radin D., Cramer C., Abstracts of papers, 12th World Congress of the International Association for Plant Biotechnology (IAPB), St. Louis, June 2010, P-258.
- 194) Yasuno R., Abstracts of papers, The 25th Annual Meeting of the Japanese Society of Plant Cell and Molecular Biology, Chiba, August 2007, p. 32.
- 195) Aoki T., Kagaya U., Tabayashi N., Furuta K., Marcelo S. A., Miyadai Y., Yui A., Hanzawa T., Matsumura T., Yasuno R., Sugimoto C., Taniguchi K., The 26th Biotechnology Symposium, Tokyo, November 2008, preprint, pp. 32-35.
- 196) Aoki T., Kagaya U., Tabayashi N., Furuta K., Marcelo S. A., Miyadai Y., Yui A., Hanzawa T., Matsumura T., Yasuno R., Sugimoto C., Taniguchi K., The 27th Biotechnology Symposium, Tokyo, November 2009, preprint, 2-4, pp. 71-72.
- 197) Aoki T., Kagaya U., Tabayashi N., Furuta K., Miyadai Y., Yui A., Hanzawa T., Matsumura T., Yasuno R., Sugimoto C., Taniguchi K., The 28th Biotechnology Symposium, Yokohama, September 2010, preprint, pp. 36-37.
- 198) Takasuna H., Gonda T., Kudo T., Kato M., Takemasa Y., Goto E., Hikosaka S., Tabayashi N., Aoki T., Matsumura T., Yasuno R., The 28th Biotechnology Symposium, Yokohama, September 2010, preprint, 1-4, pp. 38-39.
- 199) Takasuna H., The 28th Biotechnology Symposium, Yokohama, September 2010, preprint, O-2, pp. 4-5.
- 200) Yasuno R., Kagaya U., Marcelo S. A., Yui A., Sugimoto C., Taniguchi K., Matsumura T., Tabayashi N., Abstracts of papers, The 28th Annual Meeting of the Japanese Society of Plant Cell and Molecular Biology, Sendai, September 2010, 1Da-09, p. 77.
- 201) Yasuda H., Hayashi Y., Jomori T., Takaiwa F., Abstracts of papers, The 24th Annual Meeting of the Japanese Society of Plant Cell and Molecular Biology, Tsukuba, July 2006, p. 66.
- 202) Takaiwa F., Yeo L.-K., Tada Y., Yoshikawa M., Abstracts of papers, The 24th Annual Meeting of the Japanese Society of Plant Cell and Molecular Biology, Tsukuba, July 2006, p. 75.
- 203) Takaiwa F., Takagi H., Yeo L.-K., Hirose S., Saito S., Sugita K., Kasawara S., Ebinuma H., Abstracts of papers, Annual Meeting of Japan Society for Bioscience, Biotechnology, and Agrochemistry, Kyoto, March 2006, p. Shi 98.
- 204) Takaiwa F., Abstracts of papers, The 25th Annual Meeting of the Japanese Society of Plant Cell and Molecular Biology, Chiba, August 2007, p. 47.
- 205) Hirose S., Takagi H., Yeo L.-K., Takaiwa F., Abstracts of papers, The 25th Annual Meeting of the Japanese Society of Plant Cell and Molecular Biology, Chiba, August 2007, p. 183.
- 206) Shigemitsu T., Ozaki S., Saito Y., Morita S., Sato S., Kuroda M., Masumura T., Abstracts of papers, Annual Meeting of Japan Society for Bioscience, Biotechnology, and Agrochemistry, Fukuoka, March 2009, p. 315 (3P1192B).
- 207) Takagi H., Hiroi T., Yeo L.-K., Takaiwa F., Abstracts of papers, The 27th Annual Meeting of the Japanese Society of Plant Cell and Molecular Biology, Fujisawa, July 2009, 1Ea-10, p. 109.
- 208) Usuda K., Wada Y., Ishimaru Y., Kobayashi T., Takahashi M., Nakanishi H., Nagato Y., Mori S., Nishizawa N., Abstracts of papers, Annual Meeting of Japan Society for Bioscience, Biotechnology, and Agrochemistry, Fukuoka, March 2009, p. 315 (3P1191A).
- 209) Fujiwara Y., Sekikawa K., Aiki Y., Takaiwa F., Yang L. C., Japan. Patent 2010183904 (2010).
- 210) Takaiwa F., Wakasa Y., Yoshikawa M., Abstracts of papers, The 28th Annual Meeting of the Japanese Society of Plant Cell and Molecular Biology, Sendai, September 2010, 2Ca-04, p. 115.
- 211) Terakawa T., Hasegawa H., Nishizawa K.,

- Fuke Y., Ishimoro M., Utsumi S., Abstracts of papers, Annual Meeting of Japan Society for Bioscience, Biotechnology, and Agrochemistry, Fukuoka, March 2009, p. 314 (3P1189A).
- 212) Sagawa M., The 28th Biotechnology Symposium, Yokohama, September 2010, preprint, O-3, pp. 6-7.
 - 213) Hasegawa H., Takagi K., Nishizawa K., Ishimoto M., Maruyama N., Utsumi S., Terakawa T., Abstracts of papers, The 28th Annual Meeting of the Japanese Society of Plant Cell and Molecular Biology, Sendai, September 2010, 2Ca-03, p. 114.
 - 214) Liu D., Faming Zhuanli Shenqing Gongkai Shuomingshu (2007), 34pp., CN 1940066.
 - 215) Yokota A., Shigeoka S., Yodoi J., Ashida H., Tamoi M., Fukuda H., Kato T., Ibaraki Y., Ushiyama K., Lim S., Inai K., Watanabe R., The 26th Biotechnology Symposium, Tokyo, November 2008, preprint, pp. 101-102.
 - 216) Ashida H., Tamoi M., Fukuda H., Lim S., Inai K., Watanabe R., Kato T., Ibaraki Y., Ushiyama K., The 27th Biotechnology Symposium, Tokyo, November 2009, preprint, 2-10, pp. 91-92.
 - 217) Ashida H., Tamoi M., Fukuda H., Watanabe R., Lim S., Inai K., Mukougawa K., Yamakawa H., Kato M., Ushiyama K., Masutani H., Shigeoka S., Yodoi J., Yokota A., The 28th Biotechnology Symposium, Yokohama, September 2010, preprint, 1-10, pp. 56-57.
 - 218) Mehra A., Brad M. J., *In Vitro Cell. Dev. Biol.*, **44** (Suppl.), Issue Abstract, S35-S36 (2008).
 - 219) Wu Y., Tang Y., Liu J., Lu Y., CN Patent 1861792 (2006).
 - 220) Lee S., Ju Y. G., Chung N. J., Lee I. H., Park S. H., Yoo J. G., Macpherson J., Colette J., WO Patent 2006022461 (2006).
 - 221) Gil F., Titarenko E., Terrada E., Arcalis E., Escibano J. M., *Plant Biotechnol. J.*, **4**, 135-143 (2006).
 - 222) Medicago's Pandemic Flu Vaccine Provides 100% Protection in Mice at Low Doses, Quebec City, Quebec, January 22, 2008: (<http://www2.medicago.com/upload/MDG%20lethal%20study%20release%20FINAL%20EN.pdf>), cited 22 January, 2008.
 - 223) Himeshima M., Abstracts of papers, The 25th Annual Meeting of the Japanese Society of Plant Cell and Molecular Biology, Chiba, August 2007, p. 183.
 - 224) Shah N., Matoba N., Chang H., Hu J., Mor T. S., *In Vitro Cell. Dev. Biol.*, **44** (Suppl.), Issue Abstract, S72-S73 (2008).
 - 225) Escibano J. M., Perez-Filgueira D. M., "Methods in Molecular Biology, Vol. 483, Recombinant Proteins from Plants," eds. by Faye L., Gomord V., Humana Press, New York, 2009, pp. 275-287.
 - 226) Yusibov V., PCT Int. Appl. (2009), 176pp., WO 2009026397.
 - 227) Dorokhov Y. L., Uryvaev L. V., Frolova O. Y., Komarova T. V., Petrunya I. V., Alkhovsky, Sergei V., Samokhvalov E. I., WO Patent 2010039056 (2010).
 - 228) Couture M., Vezina L.-P., Landry N., WO Patent 2010006452 (2010).
 - 229) Couture M., Landry N., Vezina L.-P., Dargis M., WO Patent 2010003235 (2010).
 - 230) Koya V., Moayeri M., Leppla S. H., Daniell H., *Infect Immun.*, **73**, 8266-8274 (2005).
 - 231) Kohl T., Hitzeroth I. I., Stewart D., Varsani A., Govan V. A., Christensen N. D., Williamson A. L., Rybicki E. P., *Clin. Vaccine Immunol.*, **13**, 845-853 (2006).
 - 232) Fujiyama K., Saejung W., Yanagihara I., Nakado J., Misaki R., Honda T., Watanabe Y., Seki T., *J. Biosci. Bioeng.*, **101**, 398-402 (2006).
 - 233) Marconi G., Albertini E., Barone P., De Marchis F., Lico C., Marusic C., Rutili D., Veronesi F., Porceddu A., *BMC Biotechnol.*, **6**, 29 (2006).
 - 234) Williamson A.-L., Rybicki E. P., Maclean J. M., Becker-Hitzeroth I. I., WO Patent 2006119516 (2006).
 - 235) Mishra S., Yadav D. K., Tuli R., *J. Biotechnol.*, **127**, 95-108 (2006).
 - 236) Nemchinov L. G., Natilla A., *Protein. Expr. Purif.*, **56**, 153-159 (2007).
 - 237) Maclean J., Koekemoer M., Olivier A. J., Stewart D., Hitzeroth I. I., Rademacher T., Fischer R., Williamson A.-L., Rybicki E. P., *J. Gen. Virol.*, **88**, 1460-1469 (2007).
 - 238) Cheng C., Chen Z., Zhu C., *Weishengwu Xuebao*, **47**, 29-33 (2007).

- 239) Horita M., Ichchoda N., Goto K., Ishihara T., Tamura S., Ueda I., Masuda C., Nakahara K., Sugimoto C., Kajino K., Nakamura I., Matsumura T., Fukuzawa N., Matsuo K., Yasuno R., The 26th Biotechnology Symposium, Tokyo, November 2008, preprint, pp. 79–80.
- 240) Webb S. R., Henry M. J., PCT Int. Appl. (2008), 33pp., WO 2008060669.
- 241) Rosales-Mendoza S., Alpuche-Solís A., Soria-Guerra R., Herrera-Díaz A., Korban S. S., *In Vitro Cell. Dev. Biol.*, **44** (Suppl.), Issue Abstract, S67 (2008).
- 242) Soria-Guerra R. E., Alpuche-Solís A. G., Rosales-Mendoza S., López-Revilla R., Bendik E. M., Korban S. S., *In Vitro Cell. Dev. Biol.*, **44** (Suppl.), Issue Abstract, S63 (2008).
- 243) Kessans S., Mor T., Matoba N., *In Vitro Cell. Dev. Biol.*, **44** (Suppl.), Issue Abstract, S72 (2008).
- 244) Cherni I. V. A., Matoba N., Mor T. S., *In Vitro Cell. Dev. Biol.*, **44** (Suppl.), Issue Abstract, S57 (2008).
- 245) Huang Z., LePore K., Elkin G., Thanavala Y., Mason H. S., *Plant Biotechnol. J.*, **6**, 202–209 (2008).
- 246) Phoolcharoen W., Uppalapati C., Arntzen C. J., Chen Q., Mason H. S., *In Vitro Cell. Dev. Biol.*, **44** (Suppl.), Issue Abstract, S61 (2008).
- 247) Huang Z., Chen Q., Hjelm B., Arntzen C., Mason H., *Biotechnol. Bioeng.*, **103**, 706–714 (2009).
- 248) Sim J.-S., Park H.-K., Kim D.-S., Lee S.-B., Kim Y.-H., Hahn B.-S., *Plant Mol. Biol. Rep.*, **27**, 388–399 (2009).
- 249) Ikeguchi S., Ichchoda N., Goto K., Ishihara T., Tamura S., Ueda I., Masuda C., Nakahara K., Sugimoto C., Kajino K., Nakamura I., Matsumura T., Fukuzawa N., Matsuo K., Yasuno R., The 27th Biotechnology Symposium, Tokyo, November 2009, preprint, pp. 69–70.
- 250) Nguyen T., Phan L., Pham T., Nguyen H., Abstracts of papers, 12th World Congress of the International Association for Plant Biotechnology (IAPB), St. Louis, June 2010, P–123.
- 251) Mason H. S., Huang Z., Chen Q., Arntzen C. J., Yuan S., Hjelm B., PCT Int. Appl. (2010), WO 2010025285.
- 252) Ayala J., Acosta-Gamboa W., Ashby C., Johnson D., Reidy M., Fergus M., Dolan M., Huang X., Cramer C., Abstracts of papers, 12th World Congress of the International Association for Plant Biotechnology (IAPB), St. Louis, June 2010, P–257.
- 253) Kim T.-G., Kim M.-Y., Yang M.-S., *Protein Expr. Purif.*, **74**, 236–241 (2010).
- 254) Biolex Researchers Present Results of Anti-CD20 Antibody with Optimized Glycosylation at ASH CONFERENCE, Preclinical Results Demonstrate Potential for Improved Efficacy and Potency and Reduced Side Effects Compared to Rituxan®, Biolex ASH Presentation, December 10, 2007: (<http://www.biolex.com/pdfs/Biolex%20Press%20Release%20-%20ASH%20Presentation%20121007.pdf>), cited 28 October, 2011.
- 255) Gasdaska J. R., Sterling J. D., Regan J. T., Cox K. C., Sherwood S., Dickey L. F., *In Vitro Cell. Dev. Biol.*, **44** (Suppl.), Issue Abstract, S23–S24 (2008).
- 256) Woodard S. L., Wilken L. R., Barros G. O. F., White S. G., Nikolov Z. L., *Biotechnol. Bioeng.*, **104**, 562–571 (2009).
- 257) Komarnytsky S., Borisjuk N., Yakoby N., Garvey A., Raskin I., *Plant Physiol.*, **141**, 1185–1193 (2006).
- 258) Jamal A., Ahn M.-H., Song M., Oh E.-Y., Hong J., Choo Y.-K., Ko K., Han Y. S., Oh S. H., Van Der Linden J., Leusen J. H. W., Ko K., *Hybridoma*, **28**, 7–12 (2009).
- 259) Padilla S., Valdes R., Gomez L., Geadá D., Ferro W., Mendoza O., Garcia C., Mila L., Pasin L., Issac Y., Gavilan D., Gonzalez T., Sosa R., Leyva A., Sanchez J., LaO M., Calvo Y., Sanchez R., Fernandez E., Brito J., *Chromatographia*, **70**, 1673–1678 (2009).
- 260) Ko G. S., Ahn M. H., Koprosky H., Hooper K., Repub. Korean Kongkae Taeho Kongbo (2009), 10pp., KR 2009130474.
- 261) Yang M. S., KR Patent 2010125870 (2010).
- 262) Luo W., Wu X., Tao G., Li Y., Xu Z., *Mianyixue Zazhi*, **23**, 9–12 (2007).
- 263) Bakker H., Rouwendal G. J., Karnoup A. S., Florack D. E., Stoopen G. M., Helsper J. P.,

- van Ree R., van Die I., Bosch D., *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **103**, 7577–7582 (2006).
- 264) Girard L. S., Fabis M. J., Bastin M., Courtois D., Petiard V., Koprowski H., *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, **345**, 602–607 (2006).
- 265) Brodzik R., Glogowska M., Bandurska K., Okulicz M., Deka D., Ko K., van der Linden J., Leusen J. H., Pogrebnyak N., Golovkin M., Steplewski Z., Koprowski H., *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **103**, 8804–8809 (2006).
- 266) Morgun B., Richter A., Deshmukh S. D., Stepanyuk V., Kalai K., Nagy G., Hufnagel L., Lukacs N., *Acta Biol. Hung.*, **57**, 247–259 (2006).
- 267) Platis D., Labrou N. E., *J. Chromatogr. A*, **1128**, 114–124 (2006).
- 268) Almquist K. C., McLean M. D., Niu Y., Byrne G., Olea-Popelka F. C., Murrant C., Barclay J., Hall J. C., *Vaccine*, **24**, 2079–2086 (2006).
- 269) Wieland W. H., Lammers A., Schots A., Orzaez D. V., *J. Biotechnol.*, **122**, 382–391 (2006).
- 270) Rajabi-Memari H., Jalali-Javaran M., Rasaee M. J., Rahbarizadeh F., Forouzandeh-Moghadam M., Esmaili A., *Hybridoma (Larchmt)*, **25**, 209–215 (2006).
- 271) Bakker H., Rouwendal G. J. A., Karnoup A. S., Florack D. E. A., Stoopen G. M., Helsper J. P. F. G., van Ree R., van Die I., Bosch D., *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **103**, 7577–7582 (2006).
- 272) Dong H.-l., Li W., Zhu X., Lin J, Tang K., Ren D., *Fudan Xuebao, Ziran Kexueban*, **45**, 811–815 (2006).
- 273) Rouwendal G. J. A., Wuhler M., Florack D. E. A., Koeleman C. A. M., Deelder A. M., Bakker H., Stoopen G. M., van Die I., Helsper J. P. F. G., Hokke C. H., Bosch D., *Glycobiology*, **17**, 334–344 (2007).
- 274) Drake P. M. W., Barbi T., Sexton A., McGowan E., Stadlmann J., Navarre C., Paul M. J., Ma J. K.-C., *FASEB J.*, **23**, 3581–3589 (2009).
- 275) Jin C., Altmann F., Strasser R., Mach L., Schöhs M., Kunert R., Rademacher T., Glössl J., Steinkellner H., *Glycobiology*, **18**, 235–241 (2008).
- 276) Sainsbury F., Lavoie P.-O., D'Aoust M.-A., Vézina L.-P., Lomonosoff G. P., *Plant Biotechnol. J.*, **6**, 82–92 (2008).
- 277) Weterings K., Boets A., Botterman J., Steinkellner H., van Eldik G., *In Vitro Cell. Dev. Biol.*, **44** (Suppl.), Issue Abstract, S23 (2008).
- 278) Hassan S., van Dolleweerd C. J., Ioakeimidis F., Keshavarz-Moore E., Ma J. K.-C., *Plant Biotechnol. J.*, **6**, 733–748 (2008).
- 279) Fukuzawa N., Ichhoda N., Kataoka C., Ishihara T., Masuda C., Tabayashi N., Matsumura T., Abstracts of papers, The 26th Annual Meeting of the Japanese Society of Plant Cell and Molecular Biology, Osaka, September 2008, p. 171.
- 280) Fukuzawa N., Ishihara T., Ichhoda N., Masuda C., Matsumura T., Abstracts of papers, The 28th Annual Meeting of the Japanese Society of Plant Cell and Molecular Biology, Sendai, September 2010, 1Da–10, p. 78.
- 281) Colgan R., Atkinson C. J., Paul M., Hassan S., Drake P. M., Sexton A. L., Santa-Cruz S., James D., Hamp K., Gutteridge C., Ma J. K., *Transgenic Res.*, **19**, 241–256 (2010).
- 282) Drake P. M. W., Barbi T., Drever M. R., van Dolleweerd C. J., Porter A. J. R., Ma J. K.-C., *FASEB J.*, **24**, 882–890 (2010).
- 283) Law R. D., Russell D. A., Thompson L. C., Schroeder S. C., Middle C. M., Tremaine M. T., Jury T. P., Delannay X., Slater S. C., *Biochim. Biophys. Acta*, **1760**, 1434–1444 (2006).
- 284) Rademacher T., Sack M., Arcalis E., Stadlmann J., Balzer S., Altmann F., Quendler H., Stiegler G., Kunert R., Fischer R., Stoger E., *Plant Biotechnol. J.*, **6**, 189–201 (2008).
- 285) Ramessar K., Rademacher T., Sack M., Stadlmann J., Platis D., Stiegler G., Labrou N., Altmann F., Ma J., Stöger E., Capell T., Christou P., *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **105**, 3727–3732 (2008).
- 286) Orzaez D., Mirabel S., Wieland W. H., Granell A., *Plant Physiol.*, **140**, 3–11 (2006).
- 287) Di Carli M., Villani M. E., Renzone G., Nardi L., Pasquo A., Franconi R., Scaloni A., Benvenuto E., Desiderio A., *J. Proteome Res.*, **8**, 838–848 (2009).
- 288) Gorr G., *In Vitro Cell. Dev. Biol.*, **44** (Suppl.), Issue Abstract, S24 (2008).
- 289) Matsuda T., Aoki N., Hashizume F., Hino S.,

- Kakehashi M., WO Patent 2006095749 (2006).
- 290) Fogher C., Reggi S., Perfanov K., PCT Int. Appl. (2008), 70pp., WO 2008017906.
- 291) Biolex Therapeutics Presents Preclinical Results for Clot Buster BLX-155 at the International Society on Thrombosis and Haemostasis Meeting—Clinical Development Program for BLX-155 Also Announced—, Biolex Presents BLX-155 Preclinical Results at ISTH July 13, 2007: <http://www.biolex.com/pdfs/Biolex%20ISTH%20Announcement%20July%2013%202007.pdf>, cited 28 October, 2011.
- 292) Yoshimatsu K., Chida H., Kawano N., Inui T., Shibata T., Hagio T., Kawahara N., Abstracts of papers, 12th World Congress of the International Association for Plant Biotechnology (IAPB), St. Louis, June 2010, S-376.
- 293) Wang B., Wu T., CN Patent 1778932 (2006).
- 294) Ritala A., Wahlström E. H., Holkeri H., Hafren A., Mäkeläinen K., Baez J., Mäkinen K., Nuutila A. M., *Protein Expr. Purif.*, **59**, 274–281 (2008).
- 295) Feng L., Yang R., Yang X., Zeng Q., *Zhongcaoyao*, **37**, 1857–1861 (2006).
- 296) Tang X., Jiang L., Liu H., Zhao K., Zhu H., Tan F., Wang J., Wu X., Tao S., CN Patent 101743830 (2010).
- 297) Apuya N., Bobzin S. C., PCT Int. Appl. (2007), 305pp., WO 2007011887.
- 298) Zhao D., Chen F., Qiao X., Lu X., CN Patent 101921735 (2010).
- 299) Samuels S., Egnin M., Jaynes J., Jackson J., Abstracts of papers, 12th World Congress of the International Association for Plant Biotechnology (IAPB), St. Louis, June 2010, S-292.
- 300) Froberg C., Koch R., EP Patent 1640457 (2006).
- 301) Song D., Deng R., Nie C., Zhang Y., Chen S., Qiu Y., Wang X., *Sheng Wu Ji Shu Tong Bao*, **7**, 117–119 (2010).
- 302) Shibuya J., Hamada E., Nagao S., Shibata D., Shinmyo A., Kato K., Abstracts of papers, Annual Meeting of Japan Society for Bioscience, Biotechnology, and Agrochemistry, Fukuoka, March 2009, p. 316 (3P1204B).
- 303) Inui T., Ikeda M., Kawano N., Kawahara N., Takagi M., Yoshimatsu K., Abstracts of papers, The 28th Annual Meeting of the Japanese Society of Plant Cell and Molecular Biology, Sendai, September 2010, 2Cp-12, p. 178.
- 304) Inui T., Kawano N., Ikeda M., Ohme-Takagi M., Yoshimatsu K., Abstracts of papers, 12th World Congress of the International Association for Plant Biotechnology (IAPB), St. Louis, June 2010, P-079.
- 305) Wang B., Wu T., CN Patent 1778923 (2006).
- 306) Lam E., Poon L. M., Zhou Y., Chye M. L., Peiris J. S. M., U.S. Patent 20060282921 (2006).
- 307) Maxwell C. A., McGonigle B., Hession A. O., U.S. Pat. Appl. Publ. (2007), 40pp., US 2007016982.
- 308) Li X., Ke S., Xiao Y., Qu Q., Wang X., Faming Zhuanli Shenqing Gongkai Shuomingshu (2007), 21pp., CN 101037692.
- 309) Mor T. S., Geyer B. C., PCT Int. Appl. (2007), 28pp., WO 2007040568.
- 310) Garnaud P. E. F., Kannan L., Mor T. S., *In Vitro Cell. Dev. Biol.*, **44** (Suppl.), Issue Abstract, S58 (2008).
- 311) Han B. S., Oh S. S., Kim J. B., Kim Y. H., Repub. Korea (2008), 16pp., KR 791090.
- 312) Von Schaewen A., Kaulfuerst-Soboll H., PCT Int. Appl. (2009), 34pp., WO 2009135603.
- 313) Orvar B. L., Mantyla E., WO Patent 2010001417 (2010).
- 314) Orvar B. L., Mantyla E., WO Patent 2010001418 (2010).
- 315) Kasahara S., Wasai M., Sugita K., Shimada T., WO Patent 2010087048 (2010).
- 316) Ladram A., Sereno D., Abassi F., Oury B., Amiche M., Nicolas P., WO Patent 2010106293 (2010).
- 317) Xiang F., Wang J., Faming Zhuanli Shenqing Gongkai Shuomingshu (2009), 32pp., CN 101509005.
- 318) Kohinata T., Yamaoka S., Yoshida M., Takemura M., Ohyama K., Abstracts of papers, Annual Meeting of Japan Society for Bioscience, Biotechnology, and Agrochemistry, Fukuoka, March 2009, p. 315 (3P1198B).
- 319) Kanamoto H., Yamaoka S., Takemura M., Ohyama K., Abstracts of papers, Annual Meeting of Japan Society for Bioscience, Biotechnology, and Agrochemistry, Fukuoka,

- March 2009, p. 316 (3P1199B).
- 320) Hattan J., Yoshida M., Yamaoka S., Take-mura M., Ohyama K., Abstracts of papers, Annual Meeting of Japan Society for Bio-science, Biotechnology, and Agrochemistry, Fukuoka, March 2009, p. 316 (3P1200B).
 - 321) Matsuo K., Hong J.-S., Tabayashi N., Ito A., Masuta C., Matsumura T., *Planta*, **225**, 277–286 (2007).
 - 322) Oishi K., Williams D., U.S. Patent 20060162026 (2006).
 - 323) Dubald M., Tissot G., Nadai M., Vitel M., WO Patent 2006108830 (2006).
 - 324) Sharma N., Kim T.-G., Yang M.-S., *Biotechnol. Bioprocess Eng.*, **11**, 154–159 (2006).
 - 325) Schillberg S., Schinkel H., Schiermeyer A., Schuettler A., Soehngen W., Fischer R., WO Patent 2006005362 (2006).
 - 326) Nemchinov L. G., Paape M. J., Sohn E. J., Bannerman D. D., Zarlenga D. S., Hammond R. W., *FASEB J.*, **20**, 1345–1351 (2006).
 - 327) Wu S., Schalk M., Clark A., Miles R. B., Coates R., Chappell J., *Nat. Biotechnol.*, **24**, 1441–1447 (2006).
 - 328) Sexton A., Drake P. M., Mahmood N., Harman S. J., Shattock R. J., Ma J. K., *FASEB J.*, **20**, 356–358 (2006).
 - 329) Tasaka Y., Matsumura T., Matsuo K., Brit. Patent 2425125 (2006).
 - 330) Tasaka Y., Matsumura T., Matsuo K., WO Patent 2006025443 (2006).
 - 331) Kermode A. R., Zeng Y., Hu X., Lauson S., Abrams S. R., He X., *Plant Mol. Biol.*, **63**, 763–776 (2007).
 - 332) Kitazawa H., Shibatani S., Sogabe A., PCT Int. Appl. (2007), 65pp., WO 2007023682.
 - 333) Sadler M. T., *In Vitro Cell. Dev. Biol.*, **44** (Suppl.), Issue Abstract, S62 (2008).
 - 334) Tissot G., Canard H., Nadai M., Martone A., Botterman J., Dubald M., *Plant Biotechnol. J.*, **6**, 309–320 (2008).
 - 335) Weathers P. J., Liu C., Medrano G., Dolan M. C., Cramer C. L., *In Vitro Cell. Dev. Biol.*, **44** (Suppl.), Issue Abstract, S64 (2008).
 - 336) Kannan L., Geyer B. C., Garnaud P.-E., Woods R. R., Muralidharan M., Cherni I., Mor T. S., *In Vitro Cell. Dev. Biol.*, **44** (Suppl.), Issue Abstract, S56 (2008).
 - 337) Matsuo K., Matsumura T., Abstracts of papers, The 26th Annual Meeting of the Japanese Society of Plant Cell and Molecular Biology, Osaka, September 2008, p. 172.
 - 338) Mor T. S., Geyer B. C., Muralidharan M., Cherni I., Fletcher S. P., Evron T., Soreq H., *In Vitro Cell. Dev. Biol.*, **44** (Suppl.), Issue Abstract, S60 (2008).
 - 339) Shibuya S., Kitazawa H., Abstracts of papers, The 26th Annual Meeting of the Japanese Society of Plant Cell and Molecular Biology, Osaka, September 2008, p. 168.
 - 340) Rabindran S., Stevenson N., Roy G., Fedor-kin O., Skarjinskaia M., Ensley B., Yusibov V., *Biotechnol. Prog.*, **25**, 530–534 (2009).
 - 341) Daniell H., Ruiz G., Denes B., Sandberg L., Langridge W., *BMC Biotechnol.*, **9**, 33 (2009).
 - 342) Drake P. M. W., Barbi T., Sexton A., McGowan E., Stadlmann J., Navarre C., Paul M. J., Ma J. K.-C., *FASEB J.*, **23**, 3581–3589 (2009).
 - 343) Yoshioka H., Okamoto A., Mori Y., Jpn. Kokai Tokkyo Koho (2009), 21pp., JP 2009072075.
 - 344) Huang T.-K., Plesha M. A., McDonald K. A., *Biotechnol. Bioeng.*, **106**, 408–421 (2010).
 - 345) Matsuo K., Matsumura T., Abstracts of papers, The 28th Annual Meeting of the Japanese Society of Plant Cell and Molecular Biology, Sendai, September 2010, 1Da–8, p. 76.
 - 346) Rubio M. G., Radin N., Srivastava J., Dolan V., Lorence M., Abstracts of papers, 12th World Congress of the International Association for Plant Biotechnology (IAPB), St. Louis, June 2010, P–256.
 - 347) Paniago M. del G., Leite A., BR Patent 2004005361 (2006).
 - 348) Take M., Uno K., Kanamaru K., Yamagata Y., Abstracts of papers, Annual Meeting of Japan Society for Bioscience, Biotechnology, and Agrochemistry, Fukuoka, March 2009, p. 313 (3P1180B).
 - 349) Nomura T., Ishiyama S., Usami A., Fujiyama K., Seki T., Okada T., Saito T., Yamada T., Tamura T., Kobayashi I., Japan. Patent 2010029102 (2010).
 - 350) Tang K., Wang Q., Pan Q., Yuan F., Wang

- G., Xing S., Zhao J., CN Patent 101665804 (2010).
- 351) O'Connor S., Abstracts of papers, 12th World Congress of the International Association for Plant Biotechnology (IAPB), St. Louis, June 2010, S-236.
 - 352) Shaaltiel Y., Baum G., Bartfeld D., Hashmueli S., Lewkowicz A., U.S. Pat. Appl. Publ. (2008), 59pp., Cont.-in-part of U.S. Ser. No. 554, 387, US 2008038232.
 - 353) Shaaltiel Y., Baum G., Bartfeld D., Hashmueli S., Lewkowicz A., U.S. Patent 20100196345 (2010).
 - 354) Anterola A., Ham R., Perroud P.-F., Quatrano R., Abstracts of papers, 12th World Congress of the International Association for Plant Biotechnology (IAPB), St. Louis, June 2010, P-005.
 - 355) Liu X., Yang C., Chen M., Li M., Liao Z., Tang K., *J. Med. Plant Res.*, **4**, 1708-1713 (2010).
 - 356) Kawano N., Ikeda M., Mitsuda N., Inui T., Kawahara N., Takagi M., Yoshimatsu K., Abstracts of papers, The 28th Annual Meeting of the Japanese Society of Plant Cell and Molecular Biology, Sendai, September 2010, 2Cp-13, p. 179.
 - 357) Doshi K., Loukanina N., Polowick P., Abstracts of papers, 12th World Congress of the International Association for Plant Biotechnology (IAPB), St. Louis, June 2010, S-262.
 - 358) Kim Y.-K., Park S.-U., *In Vitro Cell. Dev. Biol.*, **44** (Suppl.), Issue Abstract, S78 (2008).
 - 359) Negrouk V., Wong H. C., Taylor D., Han K.-P., WO Patent 2006004675 (2006).
 - 360) Shi G., Ma L., Wang Y., Zhang J., Yu H., CN Patent 101914121 (2010).
 - 361) Masuda K., Watanabe A., Shimada H., Japan. Patent 2006014659 (2006).
 - 362) Deeter S., Schmidt J. E., Mabery K. J., Bethell D. R., Huang N., PCT Int. Appl. (2007), 67pp., WO 2007002762.
 - 363) Sticklen M. B., U.S. Pat. Appl. Publ. (2007), 110pp., Cont.-in-part of U.S. Ser. No. 451, 162, US 2007192900.
 - 364) Orvar B. L., Mantyla E., PCT Int. Appl. (2010), WO 2010001418.
 - 365) Badri M. A., Rivard D., Coenen K., Vaillancourt L.-P., Goulet C., Michaud D., *Proteomics*, **9**, 233-241 (2009).
 - 366) Goulet C., Benchabane M., Anguenot R., Brunelle F., Khalf M., Michaud D., *Plant Biotechnol. J.*, **8**, 142-154 (2010).
 - 367) Togami J., Okuhara H., Tanaka Y., WO Patent 2006085699 (2006).
 - 368) Li X., Zhang C., Xiao Y., Ke S., Pang S., Faming Zhuanli Shenqing Gongkai Shuomingshu (2007), 27pp., CN 101003806.
 - 369) van Rooijen G., Richard G. K., Shen Y., Boothe J., U.S. Patent 7390936 (2008).
 - 370) Benchabane M., Rivard D., Girard C., Michaud D., "Methods in Molecular Biology, Vol. 483, Recombinant Proteins from Plants," eds. by Faye L., Gomord V., Humana Press, New York, 2009, pp. 265-273 (2009).
 - 371) Aux G. W., U.S. Pat. Appl. Publ. (2009), 16pp., US 2009221041.
 - 372) Wang J., Wang G., Wang C., CN Patent 101628941 (2010).
 - 373) Inui H., Shimomura N., Okawa H., Japan. Patent 2006129733 (2006).
 - 374) Kawabata Y., Gion K., Kodama S., Inui H., Okawa H., Abstracts of papers, Annual Meeting of Japan Society for Bioscience, Biotechnology, and Agrochemistry, Kyoto, March 2006, 3A07p17, p. 188.
 - 375) Inui H., Gion K., Utani Y., Eun H., Hattori M., Arao K., Endo S., Okawa H., Abstracts of papers, Annual Meeting of Japan Society for Bioscience, Biotechnology, and Agrochemistry, Kyoto, March 2006, 3Q09p01, p. 195.
 - 376) Lian X., Zhang Q., Liu F., Faming Zhuanli Shenqing Gongkai Shuomingshu (2009), 22pp., CN 101381730.
 - 377) Nam J. S., Seo H. M., Nam M. H., Song S. I., Kim D. H., Kim G. T., Jung S. J., Lee G. H., Lee Y. B., Repub. Korea (2009), 10pp., KR 925798.
 - 378) Kamiya T., Fujiwara T., Jpn. Kokai Tokkyo Koho (2009), 18pp., JP 2009219380.
 - 379) Unnisa S. A., Seshabala P., Reddy P. C. S., *Pollution Research*, **27**, 269-272 (2008).
 - 380) Morikawa H., Takahashi M., Jpn. Kokai Tokkyo Koho (2007), 28pp., JP 2007228858.
 - 381) Kawaoka A., Ebinuma H., Jpn. Kokai Tokkyo Koho (2007), 18pp., JP 2007215513.

- 382) Yoshihara T., Goto F., Shoji K., Jpn. Kokai Tokkyo Koho (2007), 25pp., JP 2007215402.
- 383) De Lorenzo Prieto V., Gonzalez P., Jose E., PCT Int. Appl. (2007), 25pp., WO 2007045709.
- 384) Stearns J. C., Shah S., Glick B. R., "Methods in Biotechnology, Vol. 23, Phytoremediation: Methods and Reviews," ed. by Willey N., Humana Press Inc., Totowa, 2007, pp. 15–26.
- 385) Parkash O., PCT Int. Appl. (2008), 60pp., WO 2008103350.
- 386) Gaxiola R. A., Fink G. R., Alper S. L., U.S. Pat. Appl. Publ. (2008), 44pp., Cont.-in-part of U.S. Ser. No. 119,683, US 2008104733.
- 387) Ma C. F., Sato K., Jpn. Kokai Tokkyo Koho (2008), 22pp., JP 2008220308.
- 388) Fluhr R., Sagi M., PCT Int. Appl. (2008), 88pp., WO 2008093326.
- 389) Li Y., Heaton A. C. P., Carreira L., Meagher R. B., *Physiol. Plant.*, **128**, 48–57 (2006).
- 390) Li Y., Dankher O. P., Carreira L., Smith A. P., Meagher R. B., *Plant Physiol.*, **141**, 288–298 (2006).
- 391) Takahashi M., Morikawa H., Sakamoto A., Hashimoto M., Japan. Patent 2006042723 (2006).
- 392) Sonoki S., Fujihiro S., Hisamatsu S., "Methods in Biotechnology, Vol. 23, Phytoremediation: Methods and Reviews," ed. by Willey N., Humana Press Inc., Totowa, 2007, pp. 3–13.
- 393) Tamura H., Mizuno T., Jpn. Kokai Tokkyo Koho (2008), 26pp., JP 2008220368.
- 394) Shipley S., Nordin A. B., Tang C. G., Kim S.-K., *Research Journal of BioTechnology*, **4**, 26–31 (2009).
- 395) Chen L., Xiao S., Pan Z., Liang F., Li L., Sun Z., Song Z., Li K., CN Patent 101838666 (2010).
- 396) Zhang Y., Xu J., Wang X., Chai T., *Yingyong Shengtai Xuebao*, **18**, 1631–1639 (2007).
- 397) Horiuchi K., Yazaki K., Japan. Patent 2006204209 (2006).
- 398) Hussein H. S., Ruiz O. N., Terry N., Daniell H., *Environ. Sci. Technol.*, **41**, 8439–8446 (2007).
- 399) Hirai H., Kashima Y., Hayashi K., Sugiura T., Yamagishi K., Kawagishi H., Nishida T., *FEMS Microbiol. Lett.*, **286**, 130–135 (2008).
- 400) Chen L., Yu Y., Li K., Liu D., Hu Q., Zhao Y., Faming Zhuanli Shenqing Gongkai Shuomingshu (2008), 23pp., CN 101265479.
- 401) Nagata T., Morita H., Akizawa T., Pan-Hou H., *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, **87**, 781–786 (2010).
- 402) Daghan H., Arslan M., Uygur V., Koleli N., Eren A., *Biotechnol. Biotechnol. Equip.*, **24**, 1974–1978 (2010).
- 403) Sasaki Y., Hayakawa T., Inoue C., Miyazaki A., Silver S., Kusano T., *Transgenic Res.*, **15**, 615–625 (2006).
- 404) Majima A., Shitan N., Sugiyama A., Yazaki K., Abstracts of papers, The 25th Annual Meeting of the Japanese Society of Plant Cell and Molecular Biology, Chiba, August 2007, p. 177.
- 405) Matsui K., Togami J., PCT Int. Appl. (2007), 48pp., WO 2007049816.
- 406) Xiang T., Zhang D., Hu J., Wang L., Pang J., CN Patent 101768603 (2010).
- 407) Zhang Y., Zhao L., Wang Y., Yang B., Chen S., *Chemosphere*, **72**, 564–571 (2008).
- 408) Yoshihara T., Goto F., Shoji K., Jpn. Kokai Tokkyo Koho (2007), 12pp., JP 2007195471.
- 409) van Dillewijn P., Corredoria E., Ballester A., Caballero Reyes A., Couselo J. L., Ramos Martin J. L., Span. Patent 2319473 (2009).
- 410) Mori M., Miyamura H., Kitamura H., Otani H., Takeba T., Mori M., Japan. Patent 2006075089 (2006).
- 411) Nakayama T., Nakamura Y., Nakagawa A., Uesugi M., Sonoki K., Iimura Y., Kajita S., Katayama Y., Abstracts of papers, Annual Meeting of Japan Society for Bioscience, Biotechnology, and Agrochemistry, Kyoto, March 2006, 3Q09a15, p. 194.
- 412) Ike A., Murooka Y., Yamashita M., Abstracts of papers, Annual Meeting of Japan Society for Bioscience, Biotechnology, and Agrochemistry, Kyoto, March 2006, 3Q09a13, p. 194.