

## イネの無根毛変異体 *root hairless 2* (*rth2*) はセルロース合成酵素様遺伝子 (*OsCSLD1*) の機能喪失アレルによる

湯尾崇央<sup>1)</sup>・塩谷健二<sup>2)</sup>・漆川直希<sup>1)</sup>・宮尾安藝雄<sup>3)</sup>・廣近洋彦<sup>3)</sup>・一井眞比古<sup>4)</sup>・武田 真<sup>1)</sup>

(<sup>1)</sup>岡山大学・資源植物科学研究所, (<sup>2)</sup>香川大学・農学部, (<sup>3)</sup>農業生物資源研究所, (<sup>4)</sup>香川大学)

根毛は養水分の吸収や植物体の支持に重要な役割を担うと考えられている。イネ根毛の形態形成に関してさらに知見を得るために、日本晴のミュータントパネルをスクリーニングし無根毛突然変異体 *root hairless 2* (*rth2*) を見出した。ポジショナルクローニングおよび相補性検定の結果、*Cellulose Synthase-like D1* 遺伝子 (*OsCSLD1*) が *rth2* の原因遺伝子であるとわかった。*rth2* では、第1エキソンの連続する2塩基置換により早期に終始コドンが生じる。その結果、D, D, D, QxxRW モチーフおよび8つの膜貫通ドメインを欠く不完全なタンパク質ができると推定される。*rth2* においては、根表皮細胞の不均等分裂によりバル

ジの形成は正常に開始されるが、バルジは伸長しなかった。そのため、*rth2* は完全に無根毛の表現型を示した。qRT-PCR 解析の結果、*OsCSLD1* は根だけでなく地上部でも発現していた。*in situ* ハイブリダイゼーションにより、*OsCSLD1* は根毛だけでなく表皮細胞壁および皮層細胞壁で発現していたが、中心柱では発現していなかった。ポット実験で農業形質を調査したところ、*rth2* は日本晴と比べて、根乾物重の増加した点を除いて調査した形質で有意差はみられなかった。しかし、圃場実験では、*rth2* は日本晴に比べ農業形質が有意に劣っていた。

**Breeding Science** 61: 225–233 (2011)

## サクラソウ (サクラソウ科) の EST の収集、マイクロサテライトおよび一塩基多型マーカーの開発および自然集団と園芸集団における遺伝的多様性解析への有効性

上野真義<sup>1)</sup>・吉田康子<sup>2)</sup>・田口由利子<sup>1)</sup>・伊原 (宇治野) 徳子<sup>1)</sup>・北本尚子<sup>3)</sup>・本城正憲<sup>4)</sup>・大澤 良<sup>2)</sup>・鷲谷いづみ<sup>5)</sup>・津村義彦<sup>1)</sup>

(<sup>1)</sup>森林総合研究所, (<sup>2)</sup>筑波大学大学院・生命環境科学研究科, (<sup>3)</sup>岩手大学・農学部, (<sup>4)</sup>東北農業研究センター, (<sup>5)</sup>東京大学大学院・農学生命科学研究科)

サクラソウ (*Primula sieboldii*) は自家不和合性の園芸植物で日本においては300年以上の間栽培されている。この種のゲノムリソースを充実させるため5651個のESTを実生と冬芽由来cDNAライブラリーから収集した。ESTをクラスタリングとアセンブリした結果、2960個の独立な要素が同定された。それらの中には *P. vulgaris* の自家不和合性関連遺伝子座のホモログ配列が含まれている。総計127個の単純繰り返し配列 (SSR) が見出された。最も高頻度な di-SSR と tri-SSR のモチーフはそれぞれ GA (78.6%) と ATT (12.9%) であった。20個のSSRマーカーと40個の一塩基多型 (SNP) マーカーを開発した。これら

のマーカーを用いて、八ヶ岳に由来する24個体 (Y集団) と日本の分布域全体からサンプリングした14個体 (PS集団) の多型を評価した。ヘテロ接合度の期待値の平均はYおよびPS集団においてそれぞれSSRマーカーが0.39と0.48でSNPマーカーが0.26と0.29であった。EST-SSRマーカーの多型程度は既に開発されたゲノム由来のSSRマーカーの多型程度よりも低いものであった。さらに、56の園芸品種についても遺伝的多様性を調査したところ、園芸品種においてはYおよびPS集団よりもアレリックリッチネスが低かった。

**Breeding Science** 61: 234–243 (2011)

## GS3 はイネの種子長と同様に柱頭露出性にも関与する

鷹野 (甲斐) 典子<sup>1)</sup>・土井一行<sup>1,2)</sup>・吉村 淳<sup>1)</sup>

(<sup>1)</sup>九州大学大学院・農学研究院, (<sup>2)</sup>名古屋大学大学院・生命農学研究科)

柱頭露出性は、ハイブリッドライスの種子生産性の向上に関与する重要な形質である。本研究では、種子長を調節する遺伝

子GS3は柱頭長も調節し、引いては柱頭露出性に関与することを実証した。GS3 mRNAは若い柱頭の基部で発現し、GS3の第

2エクソンのナンセンス変異によって柱頭の細胞数が増加し、その結果、柱頭が伸長していた。GS3を操作することによって、ハイブリッドライスの種子生産性を向上させることができるで

あろう。

**Breeding Science** 61: 244–250 (2011)

## インド型イネ品種 Kasalath (*Oryza sativa* L.) の第6染色体に位置するいもち病抵抗性遺伝子 *Pi13* の特性評価

蛭谷武志<sup>1)</sup>・林 長生<sup>2)</sup>・表野元保<sup>1,3)</sup>・尾崎秀宣<sup>1)</sup>・矢野昌裕<sup>2)</sup>・森川真紀子<sup>1,4)</sup>・福田善通<sup>5)</sup>

(<sup>1)</sup>富山県農林水産総合技術センター・農業研究所, <sup>2)</sup>農業生物資源研究所, <sup>3)</sup>富山県庁・農産食品課, <sup>4)</sup>高岡農林振興センター, <sup>5)</sup>国際農林水産業研究センター)

いもち病 (*Magnaporthe grisea*) に抵抗性をもつイネ (*Oryza sativa* L.) 品種の開発には抵抗性遺伝子の特性評価が不可欠である。本研究では、インド型品種 Kasalath が、フィリピン産および日本産標準判別いもち病菌系に対する広いスペクトラムの抵抗性遺伝子をもつことを見出した。Kasalath と日本型品種コシヒカリの組合せに由来する戻し交雑自殖系統群 (BILs) を用いた量的形質遺伝子座 (QTL) 解析は、第6染色体および第8染色体に QTL を検出した。さらに、コシヒカリの遺伝的背景をもつ Kasalath の染色体断片置換系統群 (CSSLs) を用いた QTL 解析は、第6染色体の Kasalath 型対立遺伝子がいもち病抵抗性に強

く作用することを示した。これらの結果は、第6染色体の遺伝子座が既に報告されている *Pi13* (t) と同一であることを示唆した。DNA マーカー選抜によって、遺伝的背景がコシヒカリで *Pi13* (t) を含む Kasalath 型染色体断片をもつ準同質遺伝子系統 (NIL), コシヒカリ富山 BL7 号を育成した。コシヒカリ富山 BL7 号の標準判別菌系に対する反応は、*Pi13* (t) が広いスペクトルで中度の抵抗性をもつ遺伝子であることを示した。*Pi13* (t) は単一遺伝子分離を示し、また、その特性を評価されたので、この遺伝子を *Pi13* と改めて命名した。

**Breeding Science** 61: 251–259 (2011)

## 半乾燥地条件下の異なる窒素条件下で栽培した秋まき小麦品種の収量の育種的向上

Novica Mladenov<sup>1)</sup>・Nikola Hristov<sup>1)</sup>・Ankica Kondic-Spika<sup>1)</sup>・Veselinka Djuric<sup>1)</sup>・Radivoje Jevtic<sup>1)</sup>・Velimir Mladenov<sup>2)</sup>

(<sup>1)</sup>Institute of Field and Vegetable Crops, Serbia, <sup>2)</sup>Faculty of Agriculture, Serbia)

本研究は異なる窒素率のもとで、農業形質に付随して起こる収量ポテンシャルの推移を明らかにするため、セビアで1955年から2006年に育成された秋播コムギ24品種を材料として行った。これらの品種を低窒素および高窒素の2条件下で4年にわたり栽培した。そして、千粒重、穂あたり粒数、平米あたり粒数、平米あたり穂数、草丈、収穫指数、出穂日および収量を調査した。両肥料条件下での平均収量の違いは、ヘクタールあたり0.44トンであった。増加率から計算した、育成年ごとの平均

収量増加率は、年・ヘクタールあたり41キログラムで有意であった。この値は、低窒素投入区では35キログラム (0.55%) で、高窒素投入区では46キログラム (0.68%) であった。このことから、近代品種は高窒素条件により良く適応していることが分かった。この研究の結果から、調査した形質のそれぞれの関与が、環境とともに遺伝子型によって変化することが明らかになった。

**Breeding Science** 61: 260–268 (2011)

## 長粒イネ (*Oryza sativa* L.) が有する種子長を制御する QTL の検出

加藤丈晴<sup>1)</sup>・瀬上修平<sup>1)</sup>・鳥山真衣<sup>1)</sup>・河野いづみ<sup>2,5)</sup>・安藤 露<sup>2,6)</sup>・矢野昌裕<sup>3)</sup>・北野英己<sup>4)</sup>・三浦孝太郎<sup>1)</sup>・岩崎行玄<sup>1)</sup>

(<sup>1)</sup>福井県立大学・生物資源学部, <sup>2)</sup>農林水産先端技術研究所, <sup>3)</sup>農業生物資源研究所, <sup>4)</sup>名古屋大学・生物機能開発利用研究センター, <sup>5)</sup>現: 理化学研究所, <sup>6)</sup>現: 農業生物資源研究所)

種子のサイズはイネの農業生産において重要な形質である。これまでに、イネの種子の長さ、幅、厚さを制御する QTL が検

出され、また遺伝子単離がなされてきたが、種子サイズを制御する分子メカニズムは明らかになっていない。我々は、イネの

種子長を制御する因子を同定するために長粒ジャポニカ系統 Cytoto (*Oryza sativa* L.) とインディカ品種カサラスの交配後代 F<sub>2</sub> および F<sub>3</sub> 集団を用いて QTL 解析を行った。その結果、第 3, 4, 7 染色体上に各 1 領域ずつ、計 3 領域の種子長を制御する QTL を検出した。これら 3 領域は、全て Cytoto アリルがカサラスアリルに対して種子長を伸長させる効果を有していた。第 4

染色体に検出した QTL, *qGL4b* について F<sub>3</sub> 個体を用いて種子長を測定したところ、Cytoto アリルとカサラスアリルの間に有意な差を検出した。また、*qGL4b* の Cytoto アリルは種子長だけでなく、種子重量も増加させる効果が見られた。

**Breeding Science** 61: 269–274 (2011)

## オオムギ組み換え自殖系統にみられる形態解剖学的特徴に対する矮性遺伝子 *denso* の効果

Anetta Kuczyńska<sup>1)</sup>・Tomasz Wyka<sup>2)</sup>

(<sup>1)</sup> Institute of Plant Genetics, Polish Academy of Sciences, Poland, (<sup>2)</sup> Biology Department, General Botany Laboratory, Adam Mickiewicz University, Poland)

半矮性オオムギ品種は短稈を特徴として過去数十年の間作出されてきた。この半矮性の形質が望ましいのは短縮された草丈が高い倒伏耐性を示し、その結果収穫指数が向上するためである。オオムギ半矮性系統の性能を高評価するために育種および分子マッピング実験に着手した。*denso* 遺伝子座の形態解剖学的効果の研究として、単粒系統法で作成したオオムギ 20 系統を分析した。地上部組織のいくつかの形質において、肉眼および顕微鏡観察による計測をおこなった。葉のサイズの縮小が認められたが、これは分けつ期において、全てではないが、いくつ

かの種類の表皮細胞サイズが小さいことを反映していた。細胞縦列の細胞の長さが不変であることから細胞分裂頻度が低いことが推論された。*denso* の葉身は野生型に比べて薄く、小さな維管束と細い導管をもっていた。一方、気孔や穂のサイズは影響を受けなかった。以上のように *denso* 遺伝子は細胞、組織、器官に対していくつかのレベルの多重的影響を示したが、全ての器官や細胞が同程度に影響を受けるわけではなく、細胞のサイズや分裂頻度は細胞の種類に依存していた。

**Breeding Science** 61: 275–280 (2011)

## 3 つのグルテニン遺伝子座における対立遺伝子が秋播小麦の生地物性および製パン適性に及ぼす影響

伊藤美環子<sup>1)</sup>・伏江幸子<sup>2)</sup>・船附(丸山)稚子<sup>1)</sup>・池田達哉<sup>3)</sup>・西尾善太<sup>1)</sup>・長澤幸一<sup>1)</sup>・田引 正<sup>1)</sup>・山内宏昭<sup>1)</sup>

(<sup>1)</sup>北海道農業研究センター, (<sup>2)</sup>帯広畜産大学, (<sup>3)</sup>近畿中国四国農業研究センター)

倍加半数体 (DH) 系統を用いて、3 つの *Glu*- 遺伝子座 (*Glu-D1*, *Glu-A3*, *Glu-B3*) における対立遺伝子と加工適性 (生地物性および製パン適性) との関係性を調査した。*Glu-D1d* を持つグループは *Glu-D1a* を持つグループに比べ、生地物性の強さの指標であるミキソグラムのピークタイム (PT) が長かった。また、*Glu-D1d* を持つグループの中では、*Glu-B3g* を伴うグループは *Glu-B3b* を伴うグループよりも PT が長く、さらに *Glu-D1d* および *Glu-B3g* を持つグループの中では、*Glu-A3d* を伴うグループは *Glu-A3f* を伴うグループより PT が長かった。生地物性の強さへの影響に関して 3 つの遺伝子座における 2 つの対立遺伝子を評価すると、*Glu-D1* では *d>a*, *Glu-A3* では *d>f*, *Glu-B3* では

*g>b* とランク付けすることができた。パン比容積 (SLV) は、*d-f-b* (それぞれ *Glu-D1*, *Glu-A3*, *Glu-B3* の対立遺伝子に対応する) の組み合わせを持つグループが最も高く、*d-d-g* の組み合わせを持つグループは他の *Glu-D1d* を持つ 3 つのグループに比べ低かったが、生地物性は *d-d-g* の組み合わせを持つグループが非常に強く、*d-f-b* の組み合わせを持つグループはそれに次ぐ強さであった。*d-d-g* の組み合わせを持つグループは過剰に強い生地物性を持っており、このグループのパンの体積が小さかったのは、この超強力的な生地物性によるものであると考えられた。

**Breeding Science** 61: 281–287 (2011)

## トマティーヨ（オオブドウホオズキ *Physalis ixocarpa*）の同質四倍体作出とその染色体および表現型の特性

Valentín Robledo-Torres<sup>1)</sup>・Francisca Ramírez-Godina<sup>2)</sup>・Rahim Foroughbakhch-Pournavab<sup>3)</sup>・Adalberto Benavides-Mendoza<sup>1)</sup>・Gustavo Hernández-Guzmán<sup>4)</sup>・M. Humberto Reyes-Valdés<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Department of Horticulture, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, México, <sup>2)</sup>Department of Plant Breeding, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, México, <sup>3)</sup>Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León, Ciudad Universitaria, México, <sup>4)</sup>Laboratorio Nacional de Genómica para la Biodiversidad (Langebio), Cinvestav, Campus Guanajuato, México)

トマティーヨ（和名オオブドウホオズキ *Physalis ixocarpa*）は、メキシコの重要作物であり、他の国においても徐々に知られるようになっていく。倍体化誘発による育種が期待されている。本研究の目的は、コルヒチン処理による同質四倍体の作出とその形質評価である。「Rendidora」という品種の幼植物に対して0.04%から0.20%の濃度のコルヒチンを24時間処理し、倍率性を顕微鏡による細胞観察とフローサイトメトリー法によって調査した。同質四倍体は0.12%処理区と0.16%処理区において、それぞれ67%、65%の効率で得られた。減数第一分裂前期および中期において、一価、二価、多価染色体が観察された。基本ゲノムサ

イズは、処理後第三世代の植物においても不変であった。同質四倍体植物は稔性があり生産性が高かったが、二倍体植物と比較してその花粉生産量は低下していた。四倍体植物は、生活環の長さ、草丈、果実重、果実赤道面直径、個体あたり果実数および果実内容物質量が増加していた。本報告は栽培トマティーヨ同質四倍体作出の最初の報告である。稔性を持ったゲノム倍化植物は容易に作出され、このことはこの作物の遺伝的改変にとって有用と考えられる。

**Breeding Science** 61: 288–293 (2011)

## イネ第3染色体短腕上の出穂日に関する QTL の同定

藤野賢治<sup>1,2)</sup>・岩田夏子<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>ホクレン農業協同組合連合会農業総合研究所, <sup>2)</sup>現：農研機構・北海道農業研究センター

イネの出穂日は、地域適応性および作型を決める主要因である。そのため、適応性の構築は栽培される地域でのイネの生育に優位に働くと考えられる。本研究では、戻し交雑後代を用いて作用力が比較的小さな出穂日に関する QTL を同定した。イネ品種「Italica Livorno」から第3染色体に座乗する作用力の大きな低温発芽性 QTL (*qLTG3-1*) をイネ品種「ほしのゆめ」へ導入した準同質遺伝子系統を作出した。この系統は、高い低温発芽性を示すとともに、短稈で早生となった。*qLTG3-1* と同じ染色体領域に出穂日に関する1個の QTL (*qDTH3*) の存在が明ら

かとなった。「Italica Livorno」は「ほしのゆめ」より晩生であったが、*qDTH3* では「Italica Livorno」型の対立遺伝子が早生化効果を示した。*qDTH3* の座乗する染色体領域についての染色体置換系統群を作出し、出穂日を比較したところ、異なる作用力を示す複数の出穂日に関する sub-QTL の存在が明らかとなった。このことから、*qDTH3* の座乗する染色体領域における組換え個体を積極的に選抜することで、地域適応性を高めることが可能となる。

**Breeding Science** 61: 294–300 (2011)

## マルチプレックスアレル特異的 PCR を用いたクロマツ (*Pinus thunbergii* Parl.) の個体識別システム

Suharyanto<sup>1)</sup>・白石 進<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>九州大学大学院・生物資源環境科学府, <sup>2)</sup>九州大学大学院・農学研究院

クロマツにおいて、高い多型性と共優性を有する18個の一塩基多型 (SNP) を用いた個体同定システムを構築した。18個の SNP は、アレル特異的 PCR (ASP) 法により優性マーカーに変換された。さらに、分析を安価で簡便に行うために、それぞれ6個の ASP マーカーからなる3セットのマルチプレックス PCR 系を構築した。これら18個の ASP マーカーの遺伝子多様性 (*H*)

と多型情報含有値 (*PIC*) は、それぞれ0.331～0.500 (平均0.425) と0.375～0.500 (平均0.473) であった。この個体識別システムにおける混同確率は  $3.14 \times 10^{-6}$  (約1/318,000)、累積識別能は0.999997となり、類縁関係にない個体間の識別に十分な能力を有していた。

**Breeding Science** 61: 301–306 (2011)

## 「キラリモチ」の育成：優れた品質特性を有するもち性の二条裸麦新品種

柳澤貴司<sup>1,2)</sup>・長嶺 敬<sup>1,3)</sup>・高橋飛鳥<sup>1)</sup>・高山敏之<sup>1,2)</sup>・土井芳憲<sup>1,4)</sup>・松中 仁<sup>1,5)</sup>・藤田雅也<sup>1,5)</sup>

(<sup>1)</sup>農研機構・近畿中国四国農業研究センター, (<sup>2)</sup>農研機構・作物研究所, (<sup>3)</sup>農研機構・中央農業総合研究センター, (<sup>4)</sup>現：徳島県東三好町在住, (<sup>5)</sup>農研機構・九州沖縄農業研究センター)

「キラリモチ」は、以下の交配組合せ（四国裸 103 号 / 大系 HL107 (*ant28.494*) F<sub>1</sub> / 四国裸 97 号 (*wax*)）から系統育種法により育成したもち性の二条裸麦品種である。「キラリモチ」はプロアントシアニジン欠の特性 (*ant28.494*) とアミロースフリーのもち性 (*wax*) の両方の形質をもつ。

「キラリモチ」の炊飯麦は裸麦標準品種の「イチバンボシ」に比べると、炊飯後長時間経過しても褐変がほとんど見られない。また「キラリモチ」のポリフェノール含量は「イチバンボシ」の半分程度であり、β-グルカン含量は約 1.5 倍である。また「キ

ラリモチ」の砕粒率は「イチバンボシ」より低い。「キラリモチ」の収量は「イチバンボシ」の約 85% であり、「イチバンボシ」より穂発芽性は劣る。「キラリモチ」は大麥縞萎縮病とうどんこ病に抵抗性であり、赤かび病抵抗性は「中」程度である。「キラリモチ」は関東以西の平坦地に適応し、2010 年に品種登録出願を行った。「キラリモチ」は精麦や炊飯に適し、食味に非常に優れる。

**Breeding Science** 61: 307–310 (2011)

## セイヨウナタネ遺伝資源における種子貯蔵成分および種子重に関する遺伝変異

ケネディ庸子<sup>1,2)</sup>・横井修司<sup>1)</sup>・佐藤哲生<sup>3)</sup>・大門弘幸<sup>4)</sup>・西田生郎<sup>5)</sup>・高畑義人<sup>1)</sup>

(<sup>1)</sup>岩手大学・農学部, (<sup>2)</sup>コンボン研究所, (<sup>3)</sup>九州沖縄農業研究センター, (<sup>4)</sup>大阪府立大学大学院・生命環境科学研究科, (<sup>5)</sup>埼玉大学・理学部)

セイヨウナタネ遺伝資源 1500 保存系統を数カ国のジーンバンクから収集し、油含量、タンパク質含量、脂肪酸組成、種子重などの種子形質を調査した。種子化学成分は近赤外分光法 (NIRS) によって分析した。調査したすべての種子形質に関して、系統間で大きな遺伝的変異性が存在した。油含量は 24.7 ~ 56.9%、タンパク質含量は 6.7 ~ 36.6% の範囲であった。種子 100 粒重は 0.13 ~ 0.70g であった。脂肪酸組成にも変異が認められ、C16:0 (パルミチン酸) は 2.6 ~ 9.2%、C18:1 (オレイン酸) は 0.3 ~ 70.2%、C18:2 (リノール酸) は 10.3 ~ 28.9%、C18:3 (リノレン

酸) は 4.8 ~ 15.3%、C20:1 (エイコセン酸) は 0 ~ 10.5%、C22:1 (エルシン酸) は 0 ~ 59.6% であった。油含量はタンパク質含量と強い負の相関関係 ( $r = -0.848$ ) を持っていたが、他の形質とは密接な関係が認められなかった。これらの種子形質の遺伝的安定性について収集種子と自殖種子 (S<sub>1</sub> 種子) 間で比較調査したところ、すべての種子形質において収集種子と S<sub>1</sub> 種子の間で有意な高い正の相関が認められた。

**Breeding Science** 61: 311–315 (2011)