ノ ー ト

切断麦に適しポリフェノール含量が極低く炊飯後褐変が少ない六条皮麦新品種「はるしらね」の育成

青木恵美子¹⁾・塔野岡卓司^{1,2)}・吉岡藤治^{1,3)}・河田尚之^{1,2)}・吉田めぐみ^{1,4)}¹⁾作物研究所, つくば市, 〒305-8518²⁾現:九州沖縄農業研究センター筑後研究拠点, 筑後市, 〒833-0041³⁾現:近畿中国四国農業研究センター, 善通寺市, 〒765-8508⁴⁾現:農林水産省農林水産技術会議事務局, 東京都千代田区, 〒100-8950

Breeding of a new six-rowed hulled barley cultivar “Harushirane” with proanthocyanidin-free gene

Emiko Aoki¹⁾, Takuji Tonooka^{1,2)}, Toji Yoshioka^{1,3)}, Naoyuki Kawada^{1,2)} and Megumi Yoshida^{1,4)}¹⁾NARO Institute of Crop Science, Tsukuba 305-8518, Japan²⁾Present address: Lowland Farming Research Station, NARO Kyushu Okinawa Agricultural Research Center, Chikugo 833-0041, Japan³⁾Present address: NARO Western Region Agricultural Research Center, Zentsuji 765-8508, Japan⁴⁾Present address: Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council Secretariat, Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries, Tokyo 100-8590, Japan

キーワード

オオムギ, 加熱後褐変, 精麦, 切断麦, プロアントシアニンフリー

1. 育成の背景

主食用の大麦は押麦や切断麦に加工されて年間約5万トンが麦ご飯として利用されているが, 国内生産量は需要量を下回っており, 主食用大麦の国内産麦使用率は約83%となっている(中山 2010). このため, 精麦業界からは国産の主食用大麦の生産拡大と安定供給を強く要望されている.

しかし, 一般的に大麦は小麦と比べて収益性が低いことから, 国内生産量は頭打ち状態である. そこで, 安定多収品種や栽培技術の導入による生産性の向上に加えて, 炊飯後の褐変や食味の改善, 機能性成分を多く含有するといった高付加価値化による収益性の向上によって生産者の作付け意欲を喚起することも重要である.

大麦は炊飯等の加熱処理により褐変を生じ, 見た目が悪くなりやすく, このことが大麦の消費拡大の妨げの一つとなっている. 大麦の穀粒には米や小麦と比べてポリフェノール成分が多く含まれているが(Dykes and Rooney 2007, Hodzic *et al.* 2009), ポリフェノール含量と加熱後褐変との間に高い相関があり(神山・藤田 2000, 藤田ら 2000), ポリフェノール成分の中でも(+)-カテキンやプロアントシアニンが加熱後褐変への影響が大きいことが報告さ

れている(Kohyama *et al.* 2009). 大麦ではプロアントシアニジンの生合成が遺伝的に阻害される突然変異遺伝子であるプロアントシアニンフリー遺伝子(*ant*)が単離されており, 現在 *ant13*, *17*, *18*, *19*, *21*, *22*, *25*, *26*, *27*, *28*, *29*, *30* の12の遺伝子座が報告されている(Jende-Strid *et al.* 1999). *ant* 遺伝子を有する突然変異系統ではプロアントシアニンとカテキン含量が極めて少なく(藤田ら 2000), ポリフェノール含量の割に加熱後褐変しにくい(神山・藤田 2000). そこで, *ant* 遺伝子を利用することで, プロアントシアニンを殆ど含まず, 炊飯等の加熱処理によっても褐変しにくく白さを保つ「極低ポリフェノール大麦」品種の育成が進められてきた. とくに, *ant28* を有する系統が農業特性の点から有望であると考えられ(長嶺ら 2006), *ant28.494* の遺伝子を導入し, 加熱後褐変が極めて少ない極低ポリフェノール大麦として「とちのいぶき」(高山ら 2011), 「白妙二条」(Tonooka *et al.* 2010), 「キラリモチ」(Yanagisawa *et al.* 2010) が育成され, 精麦業界から高い評価と期待を得てきている.

しかし, これらの品種はいずれも二条大麦で大粒であり, 千粒重が大きいと砕粒率が高くなることが報告されているとおり(塔野岡ら 2010, 沖山ら 2012), 硬性である「とちのいぶき」, 「白妙二条」では, 搗精加工時に割れやすいことが指摘されている. 現在, 麦ご飯用製品のうち, 黒条線に沿って麦粒を切断する切断麦・米粒麦が約7割を占め, 切断性に優れて砕粒が少ないことが極低ポリフェノール大麦においても望まれていた.

表 2. 「はるしらね」の病害抵抗性および障害抵抗性¹⁾

品種名	オオムギ蒴萎縮病			麦類萎縮病	うどんこ病	赤かび病	耐倒伏性	穂発芽性
	I 型	II 型	III 型					
はるしらね	極強	極強	極強	中	極強	やや弱	やや強	やや易
シュンライ	やや強	やや強	やや強	弱	やや弱	やや弱	強	難
シルキースノウ	極強	極強	極強	弱	中	やや弱	やや強	極難

¹⁾ 2006～2008 年度の特性検定試験および生産力検定試験における成績により判定。ただし麦類萎縮病は 2010、2011 年度の結果を基に判定した。

表 3. 「はるしらね」の精麦品質¹⁾

品種	試験年度	条性	搗精時間 (秒) ²⁾	精麦白度 (%) ³⁾	砕粒率 (%) ⁴⁾	粒質 ⁵⁾
はるしらね	2006～2010	6	549 a	45.2 a	5.9 b	3.8 ab
シュンライ		6	561 a	45.2 a	2.5 a	5.0 b
シルキースノウ		6	570 a	48.4 b	3.0 a	3.6 a
はるしらね	2006～2009	6	517 b	46.0 a	6.3 a	3.5 a
ミカモゴールデン		2	389 a	46.6 a	9.3 a	4.9 a

¹⁾ 水田慣行条播標肥栽培における平均値。異なる文字を付した数値には 5% 水準で有意差あり（上段は Tukey 法，下段は t 検定による）。

²⁾ 試験搗精機（佐竹 TM-05 型）を使用し、整粒 180 g について 55% 歩留まで搗精するのに要した時間。

³⁾ 55% 歩留精麦について光電白度計（ケット C-300）で測定。

⁴⁾ 55% 歩留精麦 10 g 中の欠損粒の重量比。

⁵⁾ 2：完全な粉状質，3：粉状質，4：やや粉状質，5：中間質，6：やや硝子質，7：硝子質，8：完全な硝子質の 7 階級評価。

図 3. 成熟期の種子休眠性¹⁾と搗精時の砕粒率²⁾との関係

¹⁾ 成熟期にサンプリングした種子のシャーレにおける発芽率（18℃，5日間）。2006～2010 年度（ミカモゴールデンは 2006～2009 年度）のデータ。

²⁾ 畑ドリル標肥栽培生産物における砕粒率。

³⁾ 括弧内は各品種の穂発芽性を示す。

抗性を示す。近年発生が拡大している麦類萎縮病については、比較品種と同様に罹病する。開花受粉性で、赤かび病には比較品種と同様に感染しやすい。稈長は「シュンライ」と同程度であるが、耐倒伏性は「シュンライ」よりやや劣る。他の極低ポリフェノール大麦品種と同様に穂発芽耐性が弱く、穂発芽性は“やや易”である。

2) 品質特性

「はるしらね」の精麦品質を表 3 に示す。55% 搗精に要する時間は「シュンライ」と「シルキースノウ」並である。精麦白度は「シュンライ」並であるが、「シルキースノウ」よりはやや劣る。搗精時の粒質は「シュンライ」

よりやや優れ、「シルキースノウ」と同程度でやや粉状質である。「はるしらね」の砕粒率は、年次による変動がやや大きく、「シュンライ」と「シルキースノウ」の砕粒率より高いが、4 カ年平均で二条大麦の「ミカモゴールデン」と比べると砕粒率はやや低い。「はるしらね」は穂発芽耐性が弱い、成熟期における種子休眠性が弱くて発芽率が高い時には、搗精時の砕粒率が高い傾向が見られた（図 3）。このため、緑芽が見られなくても軽度の穂発芽が生じている時には、胚乳の分解が進み、搗精時に砕粒が多くなると考えられる。極低ポリフェノール育成系統では穂発芽耐性が従来品種よりも劣ることが指摘されているが（長嶺ら 2006, Tonooka *et al.* 2010, 高山ら 2011, Yanagisawa *et al.* 2011），搗精時の砕粒を少なくする点からも収穫時の刈り遅れに注意することが重要である。

ポリフェノール含量の分析結果を表 4 に示した。「はるしらね」のポリフェノール含量は、原麦および搗精麦でいずれも比較品種である「シュンライ」と「シルキースノウ」に比べて少なく、特に加熱後褐変の原因であるプロアントシアニジンとカテキンの含量が極めて低い。炊飯後の加熱後色相の変化を図 4 に、写真を図 5 に示した。「はるしらね」は、比較 2 品種と比べて炊飯直後の炊飯麦の明度（L*）と白度（W）が高く、赤み（a*）の値が低かった。比較品種では、炊飯後 24 時間保温すると褐変の指標となる赤み（a*）の値が高くなり、明度（L*）と白度（W）の値は低下した。「はるしらね」の数値の変化は比較品種と比べて小さく、赤み（a*）の値が低くて加熱後の褐変が生じにくく、白度も高く色相は比較品種より優れている。黄色みを示す b* の値は炊飯直後、24 時間

表 4. 「はるしらね」のポリフェノール含量¹⁾

品種	原麦		55% 歩留精麦	
	総ポリフェ ノール ²⁾ (mg/g)	プロアントシアニジン + カテキン ²⁾ (μg/g)	総ポリフェ ノール (mg/g)	プロアントシアニジン + カテキン (μg/g)
はるしらね	1.33 a	2.1 a	0.37 a	0.5 a
シュンライ	2.46 b	198.7 b	0.62 b	42.5 b
シルキースノウ	2.43 b	206.8 b	0.57 b	38.8 b

¹⁾ 2006～2008 年度の平均値（水田慣行条播標肥栽培）。異なる文字を付した数値には 5% 水準で有意差あり（Tukey 法）。

²⁾ 原麦または 55% 歩留精麦を粉碎器（サイクロテック）で粉碎後、メタノール抽出した上澄液を試料として比色定量した。全ポリフェノール含量はブルシアンブルー法により、プロアントシアニジン+カテキン含量は DMACA 法により、カテキン当量で算出した。

図 4. 炊飯麦の色相変化¹⁾

¹⁾ 2006～2008 年度水田条播栽培の 55% 歩留精麦 15 g に蒸留水 33 ml を加え、105℃の定温器で 2 時間炊飯した直後の色相と、炊飯後 70℃で 24 時間保温した後の色相について、それぞれ凍結乾燥した粉碎試料 2 g に蒸留水 14 ml を加え、ペーストにしてから色彩色差計（ミノルタ CM-3500d）で測定した。異なる文字を付した数値には 5% 水準で有意差あり（Tukey 法）。

²⁾ 白度 (W) は以下の式から求めた。

$$W=100-((100-L^*)^2+a^{*2}+b^{*2})^{1/2}$$

はるしらね シュンライ シルキースノウ

図 5. 炊飯麦の保温 24 時間後の色相

2007 年産の水田条播栽培材料を、105℃で 2 時間炊飯し、70℃で 24 時間保温後の褐変程度。

後においても品種による差はなかった。

極低ポリフェノール大麦は精麦業界からの要望が極めて高く、押麦だけでなく、切断麦・米粒麦にも適する「はるしらね」は、家庭利用だけでなく外食産業への普及が期待されている。また、麦ご飯の他にも今までは色相の問題であまり利用されていなかった大麦粉、レトルト食品、スープの具材やサラダへのトッピング等に用途の拡大を可能にすると考えられ、食物繊維が豊富な健康食材である大麦の新規需要が期待される。

謝 辞

本品種の育成に当たり、中央農業総合研究センター研究支援センター（業務 1, 2, 3 科）職員には栽培管理業務でご尽力いただいた。また、作物研究所麦研究領域麦

育種分野の契約職員には品質分析に従事していただいた。関係各位には本品種の育成に多大な貢献をいただき、深く感謝の意を表する。

本品種の育成は、農林水産省「先端技術を活用した農林水産研究高度化事業」における成果である。

引用文献

- Dykes, L. and L.W. Rooney (2007) *Cereal Foods World* 52: 105–111.
- 藤田雅也・武田和義・神山紀子・土門英司・土井芳憲 (2000) 四国農試報 65: 9–16.
- Hodzic, Z., H. Pasalic, A. Memisevic, M. Srabovic, M. Saletovic and M. Poljakovic (2009) *Eur. J. Sci. Res.* 28: 471–477.
- Jende-Strid, B., U. Lundqvist and J.D. Franckowiak (1999) *Barley Genet. Newsl.* 29: 80–99.
- 神山紀子・藤田雅也 (2000) 四国農試報 65: 1–7.
- Kohyama, N., M. Fujita, H. Ono, M. Ohnishi-Kameyama, H. Matsunaka, T. Takayama and M. Murata (2009) *J. Agric. Food Chem.* 57: 6402–6407.
- 長嶺 敬・山口恵美子・大関美香・関和孝博・渡邊修孝・渡邊浩久・大野かおり・桑川晃伸・望月哲也・河田尚之, 他 (2006) 栃木農試研報 58: 79–86.
- 中山則和 (2010) 米麦改良 8: 8–14.
- 沖山 毅・山口昌宏・五月女敏範・長嶺 敬・河田尚之・高山敏之 (2012) 日作紀 81: 292–298.
- 高山敏之・五月女敏範・大関美香・春山直人・山口昌宏・沖山毅・長嶺 敬・加藤常夫・渡邊浩久・大野かおり, 他 (2011) 栃木農試研報 66: 53–66.
- 塔野岡卓司・河田尚之・吉岡藤治・乙部千雅子 (2010) 日作紀 79: 296–307.
- Tonooka, T., N. Kawada, M. Yoshida, T. Yoshioka, S. Oda, K. Hatta, T. Hatano, M. Fujita and K. Kubo (2010) *Breed. Sci.* 60: 172–176.
- Yanagisawa, T., T. Nagamine, A. Takahashi, T. Takayama, Y. Doi, H. Matsunaka and M. Fujita (2011) *Breed. Sci.* 61: 307–310.