ノ ー ト

コムギ縞萎縮病抵抗性の白粒硬質小麦新品種「タマイズミ R」の育成

乙部千雅子¹⁾・藤田雅也¹⁾・高山敏之^{1,2)}・小島久代¹⁾・蝶野真喜子¹⁾・藤田由美子¹⁾・山川智大³⁾・松本憲悟^{3,4)}・北上 達³⁾・高橋武志^{3,4)}・関和孝博⁵⁾

¹⁾ 農研機構次世代作物開発研究センター, 茨城県つくば市, 〒 305-8518

²⁾ 現: 農研機構東北農業研究センター, 岩手県盛岡市, 〒 020-0198

³⁾ 三重県農業研究所, 三重県松阪市, 〒 515-2316

⁴⁾ 現: 三重県農林水産部, 三重県津市, 〒 514-8570

⁵⁾ 栃木県農業試験場, 栃木県宇都宮市, 〒 320-0002

Breeding of a hard white wheat “Tamaizumi R” with resistance to wheat yellow mosaic virus

Chikako Kiribuchi-Otobe¹⁾, Masaya Fujita¹⁾, Toshiyuki Takayama^{1,2)}, Hisayo Kojima¹⁾, Makiko Chono¹⁾, Yumiko Fujita¹⁾, Tomohiro Yamakawa³⁾, Kengo Matsumoto^{3,4)}, Toru Kitagami³⁾, Takeshi Takahashi^{3,4)} and Takahiro Sekiwa⁵⁾

¹⁾ Institute of Crop Science, NARO, Tsukuba, Ibaraki 305-8518, Japan

²⁾ Present address: Tohoku Agricultural Research Center, NARO, Morioka, Iwate 020-0198, Japan

³⁾ Mie Prefecture Agricultural Research Institute, Matsusaka, Mie 515-2316, Japan

⁴⁾ Present address: Mie Prefectural Government, Tsu, Mie 514-8570, Japan

⁵⁾ Tochigi Prefectural Agricultural Experiment Station, Utsunomiya, Tochigi 320-0002, Japan

キーワード

Triticum aestivum L., 小麦, コムギ縞萎縮病, 穂発芽, 白粒

緒 言

小麦は1年間に約460万トンが輸入されており, その7割がパンや中華麺に向く硬質小麦で, 3割がうどんや菓子に向く軟質小麦である。一方, 小麦の国内生産量は年間80万トン強であるが, その8割以上がうどん用の軟質小麦で, 硬質小麦の占める割合は2割に満たないことから, 後者の生産拡大が強く求められている(農林水産省政策統括官 2018)。

「タマイズミ」は2002年に農業技術研究機構作物研究所(現農業・食品産業技術総合研究機構次世代作物開発研究センター)で育成した白粒の硬質小麦であり, タンパク質含有率が高く, 中華麺適性と醤油醸造適性に優れた品種である(藤田ら 2004)。主産地は三重県と栃木県で, 三重県では主に中華麺用として, 栃木県では中華麺用及び醤油醸造用として作付されている。しかしながら, 土壌伝染性のコムギ縞萎縮ウイルス(wheat yellow mosaic

virus)が原因のコムギ縞萎縮病に罹病性であるという欠点が顕在化したため, 三重県と栃木県のいずれにおいても, 需要は拡大しているにもかかわらず生産量は最盛期に比べ大きく減少している。また, 「タマイズミ」は一般に穂発芽しやすいとされる白粒品種としては穂発芽しにくいものの, 赤粒品種よりは穂発芽しやすいため, 収穫期の天候によっては穂発芽の被害が生じることもある。このような背景から, 「タマイズミ」の欠点を改善し且つ品質面では「タマイズミ」と同等な「タマイズミ R」を, 半数体育種法とDNAマーカー選抜を利用して短期間で育成した。本報では, 「タマイズミ R」の育成経過と特性について報告する。

2. 育成の経過

「タマイズミ R」の系譜を図1に示す。2011年度(2012年5月)に, 作物研究所において「タマイズミ」へのコムギ縞萎縮病抵抗性及び穂発芽耐性導入を育種目標として, *YmYm(t)*ホモ導入BC₂F₂個体を母, アブシシン酸代謝酵素遺伝子変異ホモ導入BC₃F₂個体を父として人工交配を行った。*YmYm(t)*ホモ導入BC₂F₂個体は, 「ゆめちから」のもつコムギ縞萎縮病抵抗性遺伝子*YmYm(t)*を, これと

編集委員: 辻本 壽

2018年12月20日受領 2019年2月25日受理

2019年4月10日 J-STAGE 早期公開

Correspondence: ochika@affrc.go.jp

図 1. タマイズミ R の系譜.

- : マーカーと縞特検で *YmYm(t)* ヘテロを選抜.
- : マーカーで *YmYm(t)* ホモを選抜.
- : マーカーで *TaABA8'OH1-A* 変異ヘテロを選抜.
- : マーカーで *TaABA8'OH1-A* 変異ホモを選抜.

密に連鎖した DNA マーカー (Nishio *et al.* 2010) を利用した戻し交雑により「タマイズミ」に導入したものである。アブシシン酸代謝酵素遺伝子変異ホモ導入 BC₃F₂ 個体は、収穫適期に発現するアブシシン酸代謝酵素 (ABA8' 位水酸化酵素) の A ゲノム同祖遺伝子 (*TaABA8'OH1-A*) を人為突然変異で欠失させたタマイズミの変異体「TM1G1833」(Chono *et al.* 2013) に、DNA マーカーを利用して「タマイズミ」を戻し交雑したものである。なお、「タマイズミ」は、アブシシン酸代謝酵素の D ゲノム同祖遺伝子 (*TaABA8'OH1-D*) が挿入変異している。

2012 年度に F₁ に対しトウモロコシ法による半数体育種法を適用し、さらに、DNA マーカー (Nishio *et al.* 2010, Chono *et al.* 2013) により *YmYm(t)* と *TaABA8'OH1-A* 欠失変異・*TaABA8'OH1-D* 挿入変異を併せ持つ DH₂ 系統を選抜して、それらについて世代促進を行った。2013 年度 (DH₃) に「谷系小 H4405」の系統名を付し、生産力検定予備予備試験及び、コムギ縞萎縮病特性検定試験、穂発芽性検定試験に供試した。2014 年度 (DH₄) から生産力検定予備試験と各種特性検定試験に供試するとともに、三重県と栃木県において地域適応性検定試験に供試した。2015 年度から「関東 141 号」の系統名を付けて関係各県に配付し、奨励品種決定調査に供試した結果、三重県にて奨励品種採用が見込まれたため、「タマイズミ R」として品種登録出願を行った (出願日: 2016 年 11 月 10 日, 出願番号: 第 31563 号)。

3. 導入遺伝子の効果

1) コムギ縞萎縮病に対する *YmYm(t)* の効果

コムギ縞萎縮病特性検定試験成績を表 1 に示す。検定に用いた圃場は育成地及び三重県のいずれの圃場も、本州に広く分布するコムギ縞萎縮ウイルスの I 型に汚染されている。育成地での達観調査では、「タマイズミ」は毎

年「中」以上の発病が観察されたが、「タマイズミ R」の発病程度は「少」以下であった。ELISA 検定は育成地ではサンプリングした葉 (5~10 個体分) をまとめて、三重県では個体別に供試した。その結果、「タマイズミ」は育成地では常に、三重県では供試した 3 年間のうち 2 年間で、ウイルスが検出された。一方、「タマイズミ R」は育成地では 4 年間のうち 1 年のみ (2016 年度) でウイルスが検出され、三重県では 4 年間のうち 2 年間で供試個体の一部でウイルスが検出された。したがって、「タマイズミ R」はコムギ縞萎縮病に全く罹病しないわけではないが、その発病程度は「タマイズミ」に比べて明らかに軽微であり (図 2), 「ゆめちから」から導入した抵抗性遺伝子 (*YmYm(t)*) の効果は明らかである。

2) 穂発芽に対する *TaABA8'OH1-A* 欠失変異の効果

穂発芽耐性試験成績を表 2 に示す。成熟期の穂を用いた穂発芽検定の結果は、「タマイズミ」と「タマイズミ R」で明確な差は出なかった。一方、受精 45 日目の脱粒した種子を用いた発芽試験では、吸水後 2 日目まで「タマイズミ R」の発芽粒率は「タマイズミ」より低かったが、3 日目以降は「タマイズミ R」の方が高くなった。これらの結果から穂発芽耐性の評価としては「タマイズミ R」は「タマイズミ」と同水準と判断され、導入した *TaABA8'OH1-A* 欠失変異の効果は判然としなかった。

4. タマイズミ R の生育・収量試験成績

「タマイズミ R」の生育・収量試験成績を表 3 に示す。育成地では「タマイズミ」に比べ、出穂期は 1 日早く、成熟期は同じか 1 日早い。稈長はやや短く穂長は同程度である。収量は同程度かやや多く、容積重はやや小さく、千粒重、外観品質、原粒粗タンパク質含有率は同程度である。三重県では、試験場内においては「タマイズミ」

表 1. コムギ縞萎縮病特性検定試験成績

品種名	試験年度	育成地			三重
		判定	達観	ウイルス検出	ウイルス検出
タマイズミ R	2013	強	微	—	—
	2014	強	無	—	—
	2015	強	少	—	— (極一部で+)
	2016	やや強	無	+	— (極一部で+)
タマイズミ	2013	やや弱	中	+	+
	2014	やや弱	中	+	—
	2015	やや弱	多	+	+
	2016	弱	多	+	(供試せず)

注) 育成地では、汚染圃場での発病程度を達観により、無・微・少・中・多・甚の 6 段階で調査。ELISA 検定もあわせて実施し、総合的に強弱を判定。三重では、汚染圃場でサンプリングした葉を育成地に送付し、育成地で ELISA 検定を実施。調査実施時期は各年度とも 3 月。

図 2. コムギ縞萎縮病激発現地圃場（三重）での発病の様子。（試験年度：2015 年）。

に比べ、出穂期は同じで成熟期は 1 日早い。稈長と穂長はやや短く、収量はやや少ない。容積重、千粒重、外観品質、原粒粗タンパク質含有率は同程度である。但し、コムギ縞萎縮病激発の現地圃場では、「タマイズミ」に比べかなり多収で千粒重が大きく、原粒粗タンパク質含有率は低い。栃木県では「タマイズミ」に比べ、出穂期と成熟期は同じで、稈長はやや短く穂長は同程度である。収量は同程度かやや多く、容積重と千粒重は試験場内では同程度で現地圃場ではやや小さい。原粒粗タンパク質

含有率は同程度かやや高い。総合的に見れば、「タマイズミ R」は「タマイズミ」に比べ、稈長がやや短く容積重がやや小さい以外は概ね同等の生育・収量特性を示す。

5. タマイズミ R の加工適性

1) 醤油醸造適性

「タマイズミ R」の醤油醸造適性評価を、ヒガシマル醤油株式会社の協力の下、2016 年産は小規模プラント（5 リットル規模）で、2017 年産は実用規模（工場プラント）で実施した。両年とも、原麦の全窒素は「タマイズミ」より「タマイズミ R」が高かったが、生醤油の分析結果はほぼ同等であった。醤油官能検査の結果も、「タマイズミ」と「タマイズミ R」は同等であった（表 4）。

2) 中華麺適性

「タマイズミ R」の中華麺適性評価を、三重県製粉工業協同組合の協力の下に実施した。2016 年産は小規模製粉プラントで製粉した粉を用い、2017 年産は工場製粉した粉を用いたが、色相・食感・食味・総合評価の 4 項目のうち、2016 年産は色相以外の 3 項目で「タマイズミ R」は「タマイズミ」より有意に優る結果となった。一方、

表 2. 穂発芽耐性試験成績

品種名	試験年度	穂発芽検定	発芽試験における発芽粒率 (%)			
			1 日目	2 日目	3 日目	4 日目
タマイズミ R	2013	やや難～中	—	—	—	—
	2014	やや難	0.0	31.1	72.2	75.6
	2015	難～やや難	—	—	—	—
	2016	やや難	—	—	—	—
タマイズミ	2013	やや難	—	—	—	—
	2014	やや難～中	2.2	46.7	64.4	67.8
	2015	中	—	—	—	—
	2016	やや難	—	—	—	—

注) 穂発芽検定は、成熟期前後に摘穂した穂を室温で乾燥させた後、2 段階の温度（10℃、15℃）で雨濡れ処理を行い、発芽粒調査により「極難、難、やや難、中、やや易、易、極易」の 7 段階で判定した。発芽試験は、開花日から 45 日後に収穫した穂を室温にて手で脱粒し、直ちに 15℃条件下で発芽試験に供試して、発芽率の推移を経時的に調査した。

表 3. 生育・収量試験成績

試験場所	試験年度	品種名	出穂期 (月日)	成熟期 (月日)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m ²)	倒伏 程度	圃場発病		子実重 (kg/a)	標準比率 〈対タマイズミ〉 (%)	容積重 (g)	千粒重 (g)	外觀品質	検査 等級	原粒粗タン パク質含有 率 (%)
育成地 (ドリル播)	2014-2016	タマイズミ R	4.16	6.4	87	9.8	756	0.4	赤さび病	うどんこ病	77.6	102	850	38.5	中上	—	12.4
		タマイズミ	4.17	6.5	92	10.1	663	0.6	0.1	0.4	76.1	100	859	38.4	中上	—	12.5
	2013, 2015-2016	タマイズミ R	4.21	6.8	82	10.2	353	0.3	0.2	0.3	51.4	112	828	40.6	中上	—	13.7
育成地 (条播)	2014-2016	タマイズミ R	4.22	6.8	86	10.4	334	0.7	0.3	0.8	46.3	100	840	38.7	中中	—	13.5
		タマイズミ	4.9	5.27	92	9.3	505	0.2	0.1	0.0	62.2	93	844	40.8	中中-中下	—	11.1
	(試験場内)	タマイズミ	4.9	5.28	98	9.9	456	0.6	0.1	0.1	66.6	100	857	41.3	中中-中下	—	10.7
三重 (試験場内)	2015	タマイズミ R	4.14	6.3	95	8.9	691	1.1	—	—	62.5	110	851	36.7	中中	—	10.5
		タマイズミ	4.15	6.2	97	8.6	589	1.2	—	—	56.6	100	870	39.3	中中	—	10.1
	2015	タマイズミ R	4.5	5.26	93	10.1	445	0.0	—	—	69.5	145	813	40.1	中下	—	10.3
三重 (現地 (松阪市))	2015	タマイズミ	4.4	5.25	92	10.3	390	0.3	—	—	48.0	100	807	34.0	中上	—	12.1
		タマイズミ R	4.24	6.10	87	9.1	649	0.0	0.0	0.0	79.5	109	850	42.3	—	1等	13.7
	(試験場内)	タマイズミ	4.24	6.10	94	9.1	629	0.0	0.0	0.0	74.2	100	855	41.4	—	1等	14.1
栃木 (試験場内)	2015-2016	タマイズミ R	4.25	6.3	92	9.3	810	0.0	1.5	0.0	60.0	103	825	33.6	—	2等	13.3
		タマイズミ	4.25	6.3	97	9.3	694	0.0	1.5	0.0	58.6	100	853	37.5	—	1等	11.7

注 1) 三重の現地 (松阪市) の圃場はコムギ縮萎病発生圃場, その他の圃場は未発生圃場.

注 2) 原粒粗タンパク質含有率は 13.5% 水分換算値.

表 4. 醤油醸造適性評価

試験年度	品種名	原麦分析値		生醤油分析値						醤油官能評価		
		全窒素 (%)	糖質 (%)	全窒素 (%)	ブリックス	食塩	pH	アルコール	窒素溶解 利用率 (%)	醤油の 香りの 強さ	醤油の 香りの 総合評価	うどんつゆ（醤 油とだしを混 合）の総合評価
2015	タマイズミ R	2.25	67.6	1.65	35.9	17.2	4.9	2.5	83.1	3.1	3.1	2.9
(2016 年産)	タマイズミ	1.95	65.5	1.59	35.7	17.3	4.9	2.6	82.9	3.0	3.0	3.0
2016	タマイズミ R	2.38	65.9	1.71	35.6	16.4	5.0	3.0	89.1	3.0	3.0	3.1
(2017 年産)	タマイズミ	2.02	68.7	1.66	35.4	16.5	4.9	3.4	88.3	3.0	3.0	3.0

注) 2015 年度は栃木県真岡市の現地試験生産物、2016 年度は栃木県内の実証試験生産物を供試材料とした。生醤油分析値は、2016 年産は仕込み後 120 日目のもろみ濾液、2017 年産は仕込み後 109 日目のもろみ濾液についての分析値。醤油官能評価は、各項目のタマイズミの評点を 3 とし、5 段階（1：大変悪い～5：大変良い）で評価。

表 5. 中華麺官能評価

試験年度	品種名	小麦粉粗タンパク質 含有率 (%)	中華麺官能評価				
			パネラー数	色相 (25 点満点)	食感 (50 点満点)	食味 (25 点満点)	総合評価 (100 点満点)
2015	タマイズミ R	9.9	23	17.1 ^{n.s.}	41.1**	19.1**	78.0**
(2016 年産)	タマイズミ	8.8		17.5	35.0	17.5	70.0
2016	タマイズミ R	9.8	20	17.3 ^{n.s.}	35.8 ^{n.s.}	17.5 ^{n.s.}	70.0 ^{n.s.}
(2017 年産)	タマイズミ	9.7		17.5	35.0	17.5	70.0

注) 2015 年度は三重県伊賀市の現地試験生産物、2016 年度は三重県内の実証試験生産物を供試材料とした。中華麺は小麦粉 100、水 27.8、かんすい 1.6、食塩 0.07、アルコール 4 の配合で作成。沸騰した湯で 2 分間茹で、市販スープにつけて官能評価を実施した。パネラーは、三重県内の実需者、生産者、県関係者。

タマイズミと比較して、*は 5% 水準、**は 1% 水準で有意差があり、n.s.は有意差がないことを示す。

表 6. 麺帯色相調査

試験年度	品種名	7℃ 2 日後			7℃ 2 日+20℃ 5 日後		
		L*	a*	b*	L*	a*	b*
2015 (2016 年産)	タマイズミ R	78.2**	-5.1**	-5.1 ^{n.s.}	73.3**	-4.4*	25.8**
	タマイズミ	81.5	-5.4	-5.4	78.2	-4.7	22.2

注) 小麦粉 100、水 27.8、かんすい 1.6、食塩 0.07、アルコール 4 の配合で中華麺を作成。7℃で 2 日、その後 20℃で 5 日保管した麺帯の色相を、色彩色差計で評価。

タマイズミと比較して、*は 5% 水準、**は 1% 水準で有意差があり、n.s.は有意差がないことを示す。

2017 年産は、4 項目の全てで、「タマイズミ R」と「タマイズミ」は有意差がなかった（表 5）。2016 年産の小規模製粉プラントの粉を用い、一定期間保存した場合の麺帯の色相変化を調べた結果は、「タマイズミ R」は「タマイズミ」に比べ、7℃ 2 日保存では有意に L*（明度）が低く a*（赤み）が高くなった。さらにその後 20℃で 5 日保存を行うと、両品種とも L*は低下、a*は増加したが、「タマイズミ R」の方が L*の低下度合いが大きかった。また、b*（黄み）については、7℃ 2 日保存では両品種で有意差がなかったが、その後の 20℃ 5 日保存により「タマイズミ R」の方が「タマイズミ」より、有意に高くなった（表 6）。

考 察

「タマイズミ R」は、「タマイズミ」の品質は変えずに、コムギ縞萎縮病抵抗性を付与し、穂発芽耐性を向上させ

ることをねらって育成した。このうちコムギ縞萎縮病については、「タマイズミ R」は「タマイズミ」より明らかに抵抗性程度が強く、導入した「ゆめちから」由来の YmYm(t)の効果は明らかである。しかしながら、「タマイズミ R」であってもコムギ縞萎縮病ウイルスの感染が皆無というわけではなく、頻度としてはわずかであるが、ELISA 法によりウイルスが検出される個体が出現した。低頻度の感染は「ゆめちから」でも見られる（山名 2017）が実質的な問題は生じていないので、「タマイズミ R」についても普及上の問題はないと考えられる。

穂発芽耐性については、発芽試験の場合には「タマイズミ R」は「タマイズミ」より発芽初期の発芽粒率が低くなったが、1 週間後には、発芽試験の場合も穂発芽検定の場合も差はみられなかった。このため、穂発芽耐性の評価としては、「タマイズミ R」は「タマイズミ」と同レベルという結果となった。アブシシン酸代謝酵素には、休眠種子のアブシシン酸を代謝して発芽へ促す作用があ

り、コムギでは 6A, 6B, 6D 各染色体上に遺伝子 (*TaABA8'OH1-A*, *TaABA8'OH1-B*, *TaABA8'OH1-D*) が座乗する (Chono *et al.* 2013). 「タマイズミ」では元々 *TaABA8'OH1-D* に挿入変異があって機能を失っており、このことが、白粒としては穂発芽耐性が強い理由と推察される. 新たに *TaABA8'OH1-A* に欠失変異を生じさせた「タマイズミ」のガンマ線照射突然変異体「TM1G1833」では、15℃における発芽試験において、受精後 45 日の休眠種子では吸水後 1 週間以上、非休眠種子では吸水後 2 日目まで、「タマイズミ」より発芽が抑制されたことが報告されている (Chono *et al.* 2013). 今回行った、15℃の発芽試験では、「TM1G1833」に由来する *TaABA8'OH1* の二重変異をもつ「タマイズミ R」において、受精後 45 日の休眠種子を用いたにも関わらず、発芽率が低く推移したのは吸水 2 日目までであった. 穂発芽耐性は、水・気温・光等の環境要因を受けて変化しやすい形質であり、且つ、複数の遺伝子で支配される量的形質である. 今回の結果が Chono *et al.* (2013) の報告と異なった理由としては、①登熟期の気候の違い等により、受精後 45 日の状態で種子が十分な休眠状態となっていなかった可能性、②*YmYm(t)* を「ゆめちから」から導入して「タマイズミ R」を育成したが、その際に「タマイズミ」が持っていたアブシシン酸代謝酵素遺伝子以外の穂発芽耐性遺伝子を失った可能性、の 2 つが考えられる.

「タマイズミ」は国内唯一の白粒・硬質という特徴的な品種で、中華麺・醤油醸造用に適していることから、「タマイズミ R」に求められる品質は「タマイズミ」と同等ということである. 醤油醸造適性については、2 カ年の試験で、生醤油の分析値も醤油としての官能評価も、「タマイズミ R」は「タマイズミ」と同等で問題がなかった. 中華麺適性については、小規模製粉プラントで製粉した 2016 年産では、「タマイズミ R」は「タマイズミ」より食感・食味・総合評価の 3 項目で上回った. これは、「タマイズミ」のタンパク質含有率が 8.8% と中華麺用としては低すぎたため評価が低くなり、タンパク質含有率 9.9% だった「タマイズミ R」の評価を相対的に高めた可能性がある. 工場規模で製粉した 2017 年産では、「タマイズミ」と「タマイズミ R」の中華麺試験成績に有意差はなかったため、両品種の中華麺適性は同等と考えるのが適当と判断した.

なお、「タマイズミ R」の育成が開始されてから明らかになったことだが、コムギ縞萎縮病抵抗性遺伝子 *YmYm(t)*

は、小麦の粉色に関わるポリフェノールオキシダーゼ (PPO) の遺伝子の一つ (*PPO-D1*) と強連鎖関係にあり、「ゆめちから」は高活性型の *PPO-D1* 遺伝子 (*PPO-D1b*) をもっている (Ikeda *et al.* 2018). このため、「タマイズミ」の *PPO-D1* 遺伝子は低活性型 (*PPO-D1a*) であるが、「タマイズミ R」は「ゆめちから」から *YmYm(t)* とともに、高活性型の *PPO-D1b* を取り込む結果となった. 2016 年産の「タマイズミ R」の麺帯色相が保存日数の経過と共に暗色化 (L^* が低下し a^* が増加) したのは、その影響と考えられた. 但し、三重県内の製麺実需者からは実用上の問題はないとの評価を得ており、普及の妨げにはならないと考えている.

謝 辞

本品種の育成にあたり、醤油醸造適性評価を実施されたヒガシマル醤油株式会社、中華麺適性評価を実施された三重県製粉工業協同組合、奨励品種決定調査を担当された関係各県の担当者、現地試験を実施された農家、栽培管理及び品質分析業務を担った農研機構つくば技術支援センター観音台業務第 1 科、谷和原業務第 1 科、谷和原業務第 2 科 (旧中央農業総合研究センター研究支援センター) 職員各位に、深く感謝の意を表する.

本品種の育成は、農林水産省「農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業」における成果である.

引用文献

- Chono, M., H. Matsunaka, M. Seki, M. Fujita, C. Kiribuchi-Otobe, S. Oda, H. Kojima, D. Kobayashi and N. Kawakami (2013) Breed. Sci. 63: 104–115.
- 藤田雅也・乙部 (桐渕) 千雅子・吉岡藤治・松中 仁・柳沢貴司・吉田 久・山口勲夫・牛山智彦・長嶺 敬・瀬古秀文ら (2004) 作物研究所報告 5: 1–17.
- Ikeda, T., M. Ito, Y. Terasawa, K. Nagasawa and K. Hatta (2018) In “13th International Gluten Workshop, Book of Abstracts”, CIMMYT, pp. 69.
- Nishio, Z., H. Kojima, A. Hayata, N. Iriki, T. Tabiki, M. Ito, H. Yamauchi and T.D. Murray (2010) Euphytica 176: 223–229.
- 農林水産省政策統括官 (2018) 麦をめぐる事情について (小麦). [http://www.maff.go.jp/j/seisan/boueki/mugi_zyukyu/attach/pdf/index-21.pdf].
- 山名利一 (2017) 秋まき小麦の縞萎縮病. 北海道米麦改良協会ホームページ. [<http://www.beibaku.net/wheat/2017/pdf/isyuku.pdf>].