

MASによりシストセンチュウ・レース1抵抗性を 導入したダイズ新品種「ユキホマレR」の育成

鈴木 千賀*1 三好 智明*2 白井 滋久*6 湯本 節三*7
 田中 義則*4 萩原 誠司*3 山口 直矢*2 黒崎 英樹*1
 山崎 敬之*5 大西 志全*3

「ユキホマレR」は、北海道立総合研究機構 十勝農業試験場において、早生、耐冷性、難裂莢性およびダイズシストセンチュウ・レース3抵抗性の原品種「ユキホマレ」に戻し交配育種法によりシストセンチュウ・レース1抵抗性を導入した置換品種であり、2010年に北海道の優良品種に認定され、2011年に「ユキホマレR」として品種登録された。「ユキホマレR」は、「ユキホマレ」を反復親、「PI84751」由来のシストセンチュウ・レース1・3抵抗性の中間母本「十系871号」を供与親として、3回の戻し交配と同抵抗性遺伝子座 (*Rhg4*, *Rhg1*) のDNAマーカー選抜 (Marker Assisted Selection 以下MASと表記) により育成したレース1・3抵抗性の新品種である。本品種は、拡大傾向にあるレース1優占圃場への被害対策として、「ユキホマレ」に代えて安定栽培が可能である。さらに、その他の農業形質および加工適性は「ユキホマレ」と実質的に同等であり、基幹品種「ユキホマレ」の優れた栽培特性と市場性を継承していることから、円滑な品種の切り替えが可能となる。これにより、北海道産大豆の安定生産・供給に寄与することが期待される。

緒 言

ダイズシストセンチュウ (*Heterodera glycines* Ichinohe) は、世界のダイズ生産地で発生が報告されているダイズの最も重要な病害虫であり、根部のシスト寄生による生育阻害とそれにとまらぬ著しい収量と品質の低下を招く⁸⁾。ダイズシストセンチュウには複数のレースが存在し⁷⁾、国内ではレース3、レース1、レース5が報告されている^{11), 20)}。北海道立農業試験場 (現北海道立総合研究機構、以後道総研) では1953年以降抵抗性育種事業を展開し、最も広く分布するレース3に対して、1965年に奨励品種となった抵抗性品種「ハウライ」を最初に、2006年まで9品種^{9), 17), 18), 23), 27), 29), 34), 36)} を育成してきた。

2017年1月23日受理

*1 (地独) 北海道立総合研究機構十勝農業試験場 (現: 同中央農業試験場, 069-1395 夕張郡長沼町)

E-mail: suzuki-chika@hro.or.jp

*2 同上, 082-0081 河西郡芽室町

*3 同上 (現: 同北見農業試験場, 099-1496 常呂郡訓子府町)

*4 同上 (現: 同中央農業試験場遺伝資源部, 073-0013 滝川市)

*5 同上 (現: 同本部, 060-0819 札幌市)

*6 同上 (現: 061-1111 北広島市)

*7 同上 (現: 300-1252 つくば市)

北海道産ダイズを代表する産地品種銘柄“とよまさり”の品種群では、感受性の「トヨホマレ」を除き、秋田県の在来種「下田不知」を由来とするレース3抵抗性を有している²⁵⁾。2001年に育成された「ユキホマレ」²⁷⁾ は、とよまさり銘柄の基幹品種であり、早熟で収量性、耐冷性、コンバイン収穫適性に優れ、食味に関する実需者の評価も高く栽培が拡大している。その栽培面積は2015年には14,058ha¹⁹⁾ に達し、道産ダイズ栽培面積のほぼ4割を占めている。しかし近年、一部の地域では豆類の栽培偏重や短期輪作により、「ユキホマレ」を含む「下田不知」由来のレース3抵抗性品種では対応困難なセンチュウの被害が顕在化し、道央・上川地方において深刻な問題となっている²⁸⁾。「下田不知」由来の抵抗性を侵すセンチュウへの耕種的対策として、1980年に育成されたレース1・3抵抗性の納豆用小粒品種「スズヒメ」²⁴⁾ が有効であったが、同抵抗性を持たない後継の納豆用品種「スズマル」²⁾ や「ユキシズカ」³⁴⁾ に比べ収量と食味が劣ることからその栽培面積は減少し、2002年に北海道の優良品種から外れている。このため、同抵抗性の品種が強く要望されていた。

「ユキホマレR」は、MASを実用技術として品種育成し、種苗登録とともに都道府県の奨励品種に採用されたわが国最初のダイズ品種である。MASを用いた戻し交配育種法により、原品種の「ユキホマレ」にセンチュウ・レース1抵抗性を導入した置換品種であり、2010年

に北海道の優良品種に認定された。本品種は、「ユキホマレ」のセンチウ抵抗性のみを改良し、その他の農業形質および加工適性は同品種と実質的に同等であることから、生産・加工の両面で円滑な導入が可能である。「ユキホマレ」では対応困難なセンチウ被害発生地域を中心に普及が進み、さらに作付が拡大している。

本稿では、「ユキホマレR」の育成経過や特性等について報告する。

育種目標と育成経過

1. 育種目標および両親の特性

「ユキホマレR」は、「ユキホマレ」のセンチウ抵抗性の強化を目標とし、レース3抵抗性の白目中粒系統である「十育233号」(後の「ユキホマレ」)を種子親、レース1・3抵抗性の白目大粒系統である「十系871号」を花粉親として1999年に最初の人工交配を行った。その後レース1抵抗性遺伝子 (*Rhg4*, *rhg1s*) の導入を目的にMASを利用した戻し交配後に選抜・固定を進め育成した品種である (図1)。

レース1・3抵抗性の供与親である「十系871号」は、「PI84751」および「下田不知」に由来するセンチウ抵抗性の中間母本である。その系譜を図2に示した。

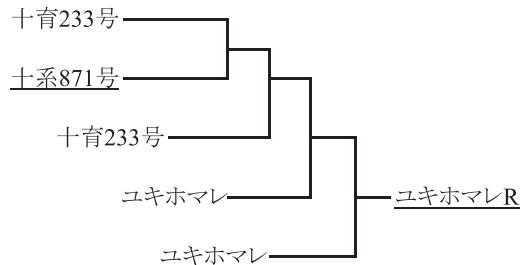


図1 「ユキホマレR」の系譜
 注1) 下線はダイズシストセンチウレース1・3抵抗性を持つ
 注2) 「十育233号」は後の「ユキホマレ」

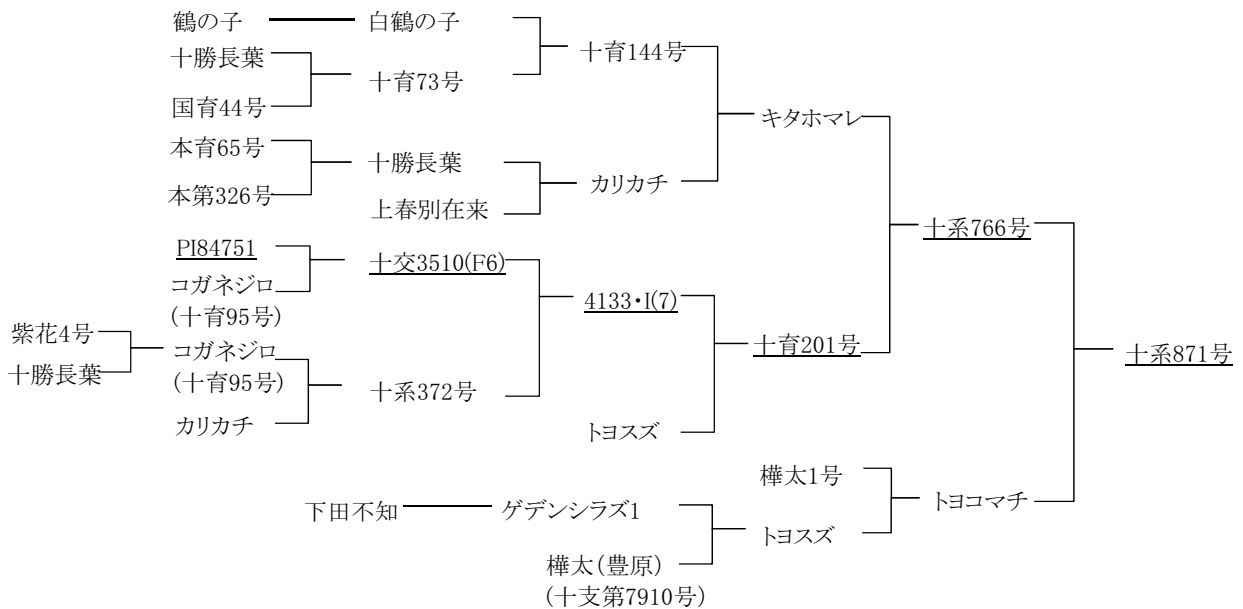


図2 「十系871号」の系譜
 注) 下線はダイズシストセンチウレース1・3抵抗性を持つ

表1 「ユキホマレR」の育成経過

年次	1999	2000		2001	2002		2003		2004	2005	2006	2007	2008	2009
世代	交配	戻し交配	BC ₁ F ₁	BC ₁ F ₂	戻し交配	戻し交配	BC ₃ F ₁	BC ₃ F ₂	BC ₃ F ₃	BC ₃ F ₄	BC ₃ F ₅	BC ₃ F ₆	BC ₃ F ₇	BC ₃ F ₈
母/父	十育233 /十系871	F ₁ /十育233			BC ₁ F ₃ /ユキホマレ	BC ₂ F ₁ /ユキホマレ								
供試														
系統群数										6	1	1	1	1
系統数									8	60	5	5	7	15
個体数		5	3	36	9	34	15	112	×30	×30	×30	×30	×30	×35
選抜														
系統群数		5莢	2莢		22莢	11莢				1	1	1	1	1
系統数										1	1	1	1	1
個体数		1	3	1						1	1	1	1	1
粒数	10	3	36	9	34	15	112	8	×5	×5	×5	×7	×15	×15
選抜				◎ _牝		◎ _{ヘテロ}	◎ _{ヘテロ}	◎ _牝	○	○	○	○	○	○
検定												○	○	○
経過											○	○	○	○
經過														
裂莢性														
				1	1	1	1	1	1	①	1	1	1	1
				2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
				3	3	3	3	3	3	③	3	3	3	3
				4	4	4	4	4	4	4	④	④	④	4
				5	5	・	⑤	・	5	5	5	5	5	5
		P	P	⑥	6	・	・	・	・	・	・	・	6	6
				7	⑦	・	・	・	・	・	・	・	7	7
				8	8	・	⑧	・	・	・	・	・	・	・
				9	9	・	・	・	・	・	・	・	・	・
				36			34	15	112	19				15
	夏季	春季	夏季	夏季	春季	夏季	春季	夏季	夏季	1115B-14	十系1020号	十育247号		

注) ◎はマーカー選抜(MAS)を示す。

2. 育成経過

育成経過を表1に示した。

交配 (1999年夏季)：交配番号 (十交1115) として、十勝農業試験場 (以下、十勝農試) 圃場において「十育233号」を種子親、「十系871号」を花粉親として交配を実施した。

戻し交配BC₁ (2000年春季)：加温補光した春季温室にてF₁と「十育233号」との戻し交配 (BC₁) を行った。

BC₁F₁ (2000年夏季)：圃場にBC₁F₁ 3個体を栽植しBC₁F₂種子36粒を得た。

BC₁F₂ (2001年夏季)：圃場にBC₁F₂ 36個体を栽植し個体毎にBC₁F_{2,3}種子を得た。同時にBC₁F₂個体の抵抗性遺伝子座*Rhg4*および*Rhg1*のマーカー遺伝子型解析により、両座がともに抵抗性ホモ型 (*Rhg4/Rhg4, rhg1s/rhg1s*) の1個体を選抜した。さらに、冬季に後代検定としてBC₁F_{2,3}系統をセルトレイ法³⁷⁾によるレース1抵抗性の生物検定を実施し、BC₁F₂個体の抵抗性を確認した。

戻し交配BC₂ (2002年春季)：春季温室に抵抗性型のBC₁F_{2,3} 9個体を栽植し、「ユキホマレ」の戻し交配 (BC₂) を行い、BC₂F₁種子34粒を得た。

戻し交配BC₃ (2002年夏季)：圃場にBC₂F₁ 34個体を栽植し、MASにより*Rhg4*座および*Rhg1*座がともにヘテ

ロ型 (*Rhg4/rhg4, rhg1s/Rhg1s*) の個体に対して戻し交配 (BC₃) を行い、BC₃F₁種子15粒を得た。

BC₃F₁ (2003年春季)：春季温室にBC₃F₁ 15個体を栽植し、*Rhg4*座および*Rhg1*座がともにヘテロ型の1個体を自殖させBC₃F₂種子112粒を得た。

BC₃F₂ (2003年夏季)：圃場に栽植したBC₃F₂ 112個体のMASを行い、*Rhg4*座と*Rhg1*座が抵抗性ホモ型の19個体から個体毎に自殖種子を得た。

BC₃F₃ (2004年)：圃場に栽植した19系統について、特性検定によるレース1抵抗性の確認とともに、草姿、熟期、粒の外観品質などの農業特性が「ユキホマレ」と類似する12系統群60個体を選抜した。

BC₃F₄ (2005年)：12系統群を小規模生産力予備試験に供試し、「ユキホマレ」と同等の農業特性でやや多収を示した1系統に「十系1020号」を付した。

BC₃F₅ (2006年)：「十系1020号」として生産力検定予備試験および系統適応性検定試験に供試した。その結果、草姿、成熟期、子実重、品質、難裂莢性、低温着色抵抗性が「ユキホマレ」と同等な本系統に「十育247号」の地方系統名を付した。

BC₃F₆ (2007年)～BC₃F₈ (2009年)：「十育247号」として生産力検定試験、奨励品種決定基本調査および特性検

定試験等に供試した。さらに、2008年から道内各地の奨励品種決定現地調査等に供試するとともに、実需者による加工適性評価試験に供試した。

これらの結果、「ユキホマレ」と実質的に同等の農業特性および加工適性を有し、かつレース1・3抵抗性の優良品種が確認されたことから、2010年2月に北海道の優良品種に認定され、2011年には農林水産省の新品種（だいず農林140号）に登録されるとともに、「ユキホマレR」として種苗法にもとづき品種登録された。

特性の概要

1. 形態的特性および生態的特性

「ユキホマレR」の形態的特性および生態的特性を表2、表3に示す。ダイズシストセンチュウ抵抗性を除き、「ユキホマレ」とすべての項目で同一区分である。

2. 生育および収量

生産力検定試験における「ユキホマレR」の成熟期は「ユキホマレ」と同じであった。また成熟期における生育調査および収量は、「ユキホマレ」と有意な差はなかった（表4）。百粒重のみ「ユキホマレ」より有意に軽かったが、粒大区分は「ユキホマレ」と同じ“大粒”に属する（表5）。

密植および追肥栽培試験では、「ユキホマレR」の増収率および追肥による効果は「ユキホマレ」並であった（表6）。

3. 障害抵抗性

(1) センチュウ抵抗性

特性検定試験によるダイズシストセンチュウ抵抗性の区分は、「ユキホマレ」がレース3抵抗性の“強”であるのに対して、「ユキホマレR」は、「スズヒメ」と同じレース1・3抵抗性の“極強”である（表7）。

センチュウ汚染圃場における収量調査の結果、子実重は、健全圃場で「ユキホマレ」とほぼ同等であるのに対し、センチュウ汚染圃場では「ユキホマレR」が高かった。百粒重は、健全圃場では「ユキホマレR」が「ユキホマレ」よりやや軽い、センチュウ試験圃場では同等であった（表8）。

レース1優占圃場において、ダイズ栽培前および栽培後の土壌中のセンチュウ卵密度の増減を比較した結果、「ユキホマレ」では卵密度が増加したが、「ユキホマレR」では「スズヒメ」と同様に卵密度が増加しなかった（表9）。

(2) 低温抵抗性

低温育種実験室を用いた開花期低温抵抗性検定試験の結果、「ユキホマレR」の抵抗性は「ユキホマレ」並の

“やや強”である（表10）。

また、十勝山麓部に設置した冷涼地における生育期低温抵抗性を評価した（表11）。ただし、3カ年の試験期間のうち2009年は、7月中旬を除いて平年より温暖に経過し、十勝農試に対する生育量の低下が少なかったことから、抵抗性の評価対象から除外した。2カ年平均の「ユキホマレR」の子実収量および同十勝農試対比は「キタムスメ」並であり、成熟期、稔実莢数および百粒重については「ユキホマレ」並であったことから、「ユキホマレR」の生育期の低温抵抗性は「ユキホマレ」並の“強”である。

開花期低温抵抗性、生育期低温抵抗性の判定より、「ユキホマレR」の低温抵抗性は「ユキホマレ」と同じ“強”である。

(3) 低温着色抵抗性

低温育種実験室を用いた低温処理による着色検定試験の結果、「ユキホマレR」のへそおよびへそ周辺の着色の発生程度および粒率は、いずれも「ユキホマレ」並であった（表12）。このことより、「ユキホマレR」のへそおよびへそ周辺の着色抵抗性は、「ユキホマレ」並の“弱”および“強”である。

(4) その他病害抵抗性

ダイズわい化病抵抗性は「ユキホマレ」と同様“弱”である（表3）。ダイズ茎疫病抵抗性は「ユキホマレ」と同様に“強/強”（レース群Ⅰ/Ⅱ）である（表3）。

4. コンバイン収穫適性

コンバイン収穫適性に関する特性として、「ユキホマレR」の裂莢の難易は「ユキホマレ」と同じ“難”（表13）、最下着莢節位高は「ユキホマレ」と同様“中”（表4）、成熟後の茎水分低下は「ユキホマレ」と同等である（図3）。

「ユキホマレR」の倒伏抵抗性は、「ユキホマレ」と同じ“強”（表3）、密植における倒伏程度は「ユキホマレ」並（表6）である。

以上の点から、「ユキホマレR」のコンバイン収穫適性は、「ユキホマレ」並と考えられる。

5. 子実成分、加工適性

子実成分の全糖含有率、粗タンパク含有率、粗脂肪含有率は、いずれも「ユキホマレ」と同等である。したがって、農林水産植物種類別審査基準における粗タンパク含有率と粗脂肪含有率の区分は、「ユキホマレ」と同じ“中”および“低”である（表14）。

実需者（のべ15社）による煮豆、豆腐、納豆および豆乳の官能試験の評価は「ユキホマレ」とほぼ同等であり（表15）、国産大豆協議会品質評価分科会においても加工

適性の評価は、いずれも「ユキホマレ」と同じである(表16)。

栽培適地および栽培上の注意

1. 栽培適地

「ユキホマレR」の栽培適地は、北海道の大豆栽培地帯区分¹⁰⁾ I, II, III, IVの地域およびこれに準ずる地帯のうち、「ユキホマレ」等のダイズシストセンチュウ・レース3抵抗性品種にセンチュウ被害が発生している地域である。現地試験等の成績(表17)において、成熟期、子実重、主茎長、倒伏程度は「ユキホマレ」並であった。百粒重は同品種より1.9g軽かった。品質、粗蛋白含有率、全糖含有率は同程度であった。

2. 栽培上の注意

栽培上の注意は次のとおりである。1) より病原性の強いセンチュウ・レースの出現リスクを回避するため、連作及び短期輪作は避ける。2) ダイズシストセンチュウ発生地域への導入に際しては、優占レースを確認し、「スズヒメ」にシストの寄生する圃場への作付けは避ける。3) その他栽培上の注意は「ユキホマレ」に準ずる。

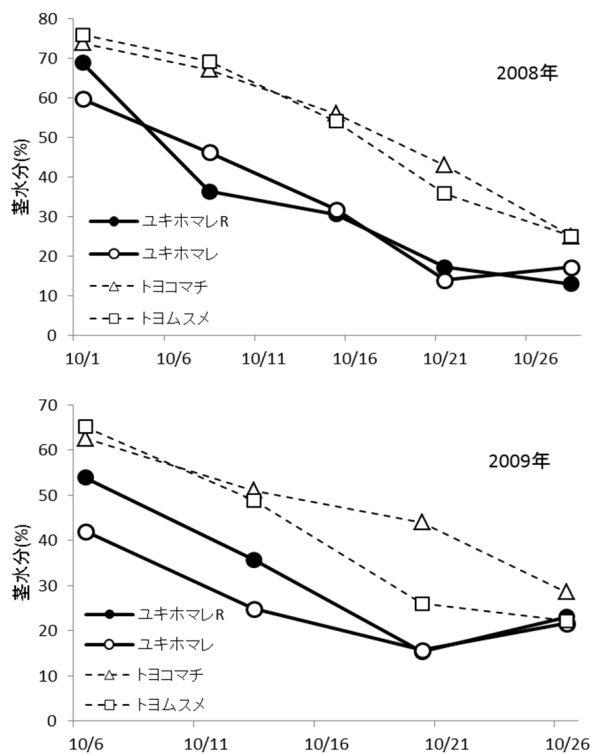


図3 成熟期以降の茎水分低下推移 (十勝農試, 2008年, 2009年)

注) 成熟後5~7日間隔で、1区6個体を採取し、茎部の採取時の生重と熱風乾燥後の乾物重から水分を算出した。

表2 形態的特性

品種名	毛茸色	小葉の形	花の色	主茎長	主茎節数	分枝数	熟莢の色	子実の			粒の		
								大きさ	形	種皮の地色	臍の色	光沢	子葉色
ユキホマレR	白	卵形	紫	短	少	中	淡	やや大	球	黄白	黄	弱	黄
ユキホマレ	白	卵形	紫	短	少	中	淡	やや大	球	黄白	黄	弱	黄
トヨコマチ	白	卵形	紫	短	少	中	淡	やや大	扁球	黄白	黄	弱	黄

注) 審査基準国際統一委託事業調査報告書(平成16年3月)による。

表3 生態的特性

品種名	開花期	成熟期	裂莢の難易	最下着莢節位高	倒伏抵抗性	抵抗性					
						低 温			ダイズわい化病	ダイズ茎疫病(レース群I/レース群II)	シストセンチュウ(レース3/レース1)
						開花期	生育期	着色 ¹⁾			
ユキホマレR	やや早	やや早	難	中	強	強	強	弱/強	弱	強/強	強/強
ユキホマレ	やや早	やや早	難	中	強	強	強	弱/強	弱	強/強	強/弱
トヨコマチ	やや早	やや早	易	高	強	やや強	やや強	弱/強	弱	強/弱	強/弱

注) へそ/へそ周辺着色抵抗性。

表4 十勝農試における生育, 収量調査 (2007~2009年)

品種名	開花期	成熟期	主莖長	節最下高	主莖節数	分枝数	稔実莢数	粒一莢内	子実重	百粒重	検査等級
	(月日)	(月日)	(cm)	(cm)		(/株)	(/株)		(kg/10a)	(g)	
ユキホマレR	7.22	9.26	55 a	13 a	9.7 a	4.3 a	56.9 a	1.61 a	332 a	34.4 a	3上
ユキホマレ	7.11	9.26	57 a	13 a	9.9 a	4.6 a	58.3 a	1.57 a	339 a	36.0 b	3上
トヨコマチ	7.21	9.26	64 b	16 a	10.5 a	5.4 a	60.4 a	1.61 a	338 a	36.9 c	合格

注1) 子実重および百粒重は水分15%換算である。

注2) a, b, cの異なる記号間には5%水準で有意な差があることを示す (Tukeyの方法)。

表5 粒度分布調査成績 (十勝農試, 2007~2009年)

品種名	7.3mm以上	7.9mm以上	8.5mm以上	粒大区分
	ユキホマレR	99.2	85.3	27.1
ユキホマレ	99.6	91.9	37.4	大粒

注1) 数値は, 子実1kgを用いて分類した3~4反復の平均値。

注2) 大粒大豆: 7.9mmのふるい目の上に残る粒の全量に対する割合が70%以上

中粒大豆: 7.3mmのふるい目の上に残る粒の全量に対する割合が70%以上

表6 密植・追肥栽培試験成績 (十勝農試, 2008~2009年)

品種名		標肥			追肥		
		標植	密植 I	密植 II	標植	密植 I	密植 II
ユキホマレR	子実重 (kg/a)	30.6	32.2	33.8	32.0	33.1	34.7
	標準対比 (%)	100	105	111	100	103	108
	最下着莢節位高 (cm)	11.6	13.1	15.6	11.8	13.9	14.8
	倒伏程度	0.0	0.1	0.2	0.0	0.2	0.2
ユキホマレ	子実重 (kg/a)	32.5	33.3	34.6	32.3	34.2	35.4
	標準対比 (%)	100	102	107	100	106	110
	最下着莢節位高 (cm)	13.1	15.9	16.0	13.0	14.7	16.0
	倒伏程度	0.0	0.2	0.5	0.0	0.4	0.6

注1) 密度 I 区および密植 II 区のa当り栽植密度は, それぞれ2,500本 (標準区の1.5倍) および3,333本 (同2倍) である。

注2) 子実重および百粒重は水分15%換算である。

注3) 倒伏程度は, 無 (0), 微 (0.5), 少 (1), 中 (2), 多 (3), 甚 (4) の評価による。

表7 ダイブシストセンチュウ特性検定試験 (十勝農試, 2007~2009年)

品種名	レース3		レース1		指定種苗品種特徴表示 基準による区分
	シスト寄生指数	抵抗性	シスト寄生指数	抵抗性	
ユキホマレR	1.3 a	R	6.3 a	R	極強
ユキホマレ	5.5 a	R	45.0 b	S	強
トヨコマチ	6.7 a	R	40.7 b	S	強
キタムスメ	60.3 b	S	45.7 b	S	弱
スズヒメ	0.7 a	R	1.3 a	R	極強

注1) 特性検定試験における2007~2009年の平均。更別村のレース3試験圃場, 十勝農試のレース1試験圃場で実施。

注2) シスト寄生指数は Σ (階級値×同個体数)×100/(4×個体数)により算出した。

階級値は, 0:無, 1:少, 2:中, 3:多, 4:甚 とした。

注3) a, bの異なる記号間には5%水準で有意な差があることを示す (Tukeyの方法)。

表8 センチュウ汚染圃場における収量調査成績

品種名	センチュウ抵抗性		子実重(kg/10a)		百粒重(g)	
	レース3	レース1	センチュウ汚染圃場	健全圃場	センチュウ汚染圃場	健全圃場
ユキホマレR	R	R	320(130)	368(103)	34.5(102)	36.8(96)
ユキホマレ	R	S	247(100)	358(100)	33.8(100)	38.2(100)
ツルムスメ	S	S	54(23)	346(97)	33.6(99)	46.6(122)

注) 安平町の試験圃場 (センチュウ汚染圃場), 中央農試圃場 (健全圃場) で2007年に実施。

表9 ダイズ栽培前後の土壌中のシストセンチュウ卵密度の増減

品種名	2007			2008			2009		
	卵数		(秋/春)	卵数		(秋/春)	卵数		(秋/春)
	春	秋		春	秋		春	秋	
ユキホマレR	2183a	1513a	74%	3700a	2900ab	78%	381a	160a	42%
ユキホマレ	2263a	4233b	231%	4967a	5633b	113%	268a	1503b	560%
キタムスメ	2168a	7462c	334%	2700a	8033c	298%	237a	2107b	890%
スズヒメ	—	—	—	2533a	1900a	75%	222a	157a	71%

注1) 十勝農試センチュウ・レース1試験圃場で実施。

注2) 卵数は、乾土100g中の卵数を示す。

注3) 土壌の採取は、春は播種前～播種直後、秋は収穫後に行った。

注4) a, b, cの異なる記号間には5%水準で有意な差があることを示す (LSD法による多重比較)。

表10 開花期低温抵抗性の検定試験成績 (十勝農試, 2007~2009年)

品種名	稈実莢数 (/個体)			一莢内粒数			百粒重 (g)			子実重 (g/個体)			抵抗性判定
	T	C	T/C (%)	T	C	T/C (%)	T	C	T/C (%)	T	C	T/C (%)	
ユキホマレR	19.5	15.3	130	1.39	1.61	87	27.1	33.1	83	7.1	7.9	92	やや強
ユキホマレ	18.4	14.3	139	1.35	1.71	79	28.0	35.4	80	6.8	8.4	86	やや強
トヨコマチ	22.1	17.0	134	1.19	1.64	73	26.8	34.7	77	7.0	9.5	75	やや強
トヨムスメ	18.5	19.0	97	1.15	1.63	71	28.5	35.3	81	5.0	10.8	46	中
トヨホマレ	22.6	17.0	137	1.26	1.57	81	26.0	35.8	73	7.9	9.1	83	やや強
キタムスメ	24.8	18.9	135	1.35	1.57	87	26.1	32.8	80	8.7	9.7	93	強

注1) 開花始より4週間, 18 (昼) /13(夜)°Cの低温処理+遮光処理 (50%) を行った。

注2) Tは低温処理区, Cは無処理区を示す。T/CはCに対するTの比率 (%)。

注3) 調査個体数は各処理5ポット (1/2000a) で, 1ポット当たり2個体である。

注4) 施肥量は0.24(N)-2.00(P₂O₅)-1.04(K₂O) kg/aである。

注5) 抵抗性の判定に関して、「トヨムスメ」は“中”, 「キタムスメ」と「トヨホマレ」は“強”の標準品種である。

「トヨホマレ」は既往の評価と異なる“やや強”と判定されたが, その他の標準品種は既往の判定となった。

注6) 「トヨムスメ」の一莢内粒数の平均 (斜字) は, 2カ年の平均である。

表11 耐冷性現地選抜圃における成績 (十勝農試, 2007~2008年)

品種名	成熟期 (月日)			稈実莢数 (/株)			百粒重 (g)			子実重 (kg/a)			抵抗性判定
	T	C	T-C	T	C	T/C (%)	T	C	T/C (%)	T	C	T/C (%)	
ユキホマレR	10.10	9.26	15	52.6	71.9	73	30.4	35.6	86	25.3 (101)	34.9	73	強
ユキホマレ	9.11	9.26	15	56.0	73.3	76	31.1	36.9	84	25.0 (100)	36.8	69	強
トヨコマチ	10. 9	9.25	14	48.8	67.5	72	32.1	37.7	85	23.6 (94)	35.0	68	やや強
トヨムスメ	10.12	10. 1	12	60.8	67.3	91	32.5	38.5	85	22.4 (90)	35.4	63	中
トヨホマレ	10.12	10. 1	12	58.5	73.6	80	29.7	33.9	88	23.9 (96)	35.0	68	やや強
キタムスメ	10.16	10. 4	12	64.0	77.7	82	25.4	27.6	92	26.3 (105)	35.4	74	強

注1) Tは耐冷性現地選抜圃 (上土幌町), Cは十勝農試生産力検定試験。T-CはTとCの差, T/CはCに対するTの比率 (%)。

注2) () はTの「ユキホマレ」を100%とした比率 (%) である。

注3) 「トヨホマレ」は既往の評価と異なる“やや強”と判定されたが, その他の品種は既往の判定となった。

表12 低温処理による着色検定試験成績 (十勝農試, 2007~2009年)

品種名	へそ着色			へそ周辺着色		
	程度	粒率 (%)	抵抗性判定	程度	粒率 (%)	抵抗性判定
ユキホマレR	中	81	弱	少	22	強
ユキホマレ	中	73	弱	少	17	強
トヨコマチ	中	89	弱	少	21	強
トヨムスメ	中	75	弱	多	39	弱
トヨハルカ	無	0	強	無	0	極強

注1) 低温処理は, 開花始の1週後から2週間, 18/13°C (昼/夜) + 50%遮光処理。

注2) 調査個体数は2ポット (1/2000a) で1ポット当たり3個体, 施肥量は0.24(N)-0(P₂O₅)-1.08(K₂O) kg/aである。

注3) 着色程度は無, 微, 少, 中, 多, 甚の6段階による達観評価である。

注4) へそ周辺着色抵抗性の判定に関して, 「トヨムスメ」は“弱”, 「トヨコマチ」は“強”の標準品種である。へそ着色抵抗性は, 「トヨムスメ」「トヨコマチ」いずれも“弱”である。

表13 裂莢性検定試験成績 (十勝農試, 2007~2009年)

品種名	裂莢率(%)	難易
ユキホマレR	15	難
ユキホマレ	19	難
スズマル	46	中
トヨムスメ	96	易

注1) 裂莢率(%)は、熟莢の熱風乾燥処理(60℃, 3時間)後の調査結果である。

注2) 裂莢の難易に関して「スズマル」は“中”, 「トヨムスメ」は“易”の標準品種である。

表14 子実成分の分析成績 (十勝農試, 2007~2009年の平均)

品種名	粗タンパク含有率		粗脂肪含有率		全糖含有率(%)
	(%)	区分	(%)	区分	
ユキホマレR	43.5 ab	中	18.6 a	低	22.6 a
ユキホマレ	42.7 a	中	18.1 a	低	23.5 a
トヨコマチ	44.7 c	中	17.7 a	低	22.9 a
トヨムスメ	43.9 bc	中	17.7 a	低	23.5 a

注1) 含有率は無水物中の%。2007~2009年の生産力検定試験の産物の平均。

注2) a, bの異なる記号間には5%水準で有意な差があることを示す(Tukeyの方法)。

注3) 粗蛋白含有率に対して「トヨムスメ」は“中”の標準品種である。また、粗脂肪含有率に関して「トヨムスメ」は“低”の標準品種である。

表15 製品試作試験における「ユキホマレR」の「ユキホマレ」に対する評価

	業者名	年産	色沢	光沢	香り	舌触り	豆の	皮残り	味	総合
							硬さ			
煮豆	A社	2006	□	○	□	○	—	○	□	—
		2007	○	△	□	△	—	□	□	—
	B社	2008	△	□	△	○	□	△	□	□
	C社	2008	□	□	□	○	◎	○	◎	◎

	業者名	年産	破断応力g/m ²		こく	甘み	青臭み(不快味)	硬さ	滑らかさ	総合
			ユキホマレR	ユキホマレ						
豆腐	D社	2007	84	70	—	—	—	—	—	□
		2008	88	84	△	□	□	○	—	□
	E社	2006	68	62	△	□	□	□	□	□
	F社	2007	—	—	□	□	□	□	□	□
	G社	2007	—	—	□	□	□	□	□	□
	H社	2008	—	—	□	□	□	□	□	□
	M社	2008	—	—	—	—	—	—	—	□
	N社	2009	—	—	○	□	□	○	□	○

	業者名	年産	色	香り	硬さ	味	納豆臭	総合
	J社	2008	△	□	□	□	—	△
	K社	2008	□	○	□	○	—	□

	業者名	年産	外観	香りにおい	こく	甘み	青臭み不快味	おいしさ	舌触り滑らかさ	総合

注) 「ユキホマレ」に対する相対評価: ◎:優る, ○:やや優る, □:同等, △:やや劣る。

表16 用途別加工適性

	豆乳	豆腐	味噌	煮豆	納豆
ユキホマレR	適	可	適	適	適
ユキホマレ	適	可	適	適	適
トヨコマチ	適	可	適	適	適
トヨムスメ	適	適	適	適	適

注) 国産大豆協議会品質評価分科会による評価。

表17 「ユキホマレR」の栽培適地における奨励品種決定現地試験等の成績 (2001~2003年)

地帯区分	品種名	開花期	成熟期	倒伏程度	主茎長	稔実莢数	最莢下位置	子実重	子対実標準の比	百粒重	品質	粗含有率	全含有率
		(月日)	(月日)		(cm)	(莢/株)	(cm)	(kg/a)	(%)	(g)		(%)	(%)
I	ユキホマレR	8. 1	10. 4	0.0	48	62.8	10.5	29.9	100	33.5	3中	42.0	24.2
	ユキホマレ	8. 1	10. 3	0.1	51	63.7	9.8	29.8	100	35.0	3中	41.7	24.9
II	ユキホマレR	7.25	9.29	0.3	60	62.5	12.5	33.2	100	32.2	2下	42.8	23.2
	ユキホマレ	7.24	9.29	0.3	61	61.1	12.0	33.3	100	33.3	2中	42.2	24.0
III	ユキホマレR	7.21	9.24	0.7	63	73.6	13.2	36.5	98	34.1	2下	42.8	22.8
	ユキホマレ	7.21	9.24	0.6	65	72.1	13.3	37.2	100	36.0	2中	42.3	23.7
IV	ユキホマレR	7.17	9.21	0.5	61	68.8	12.1	34.3	97	33.6	2下	42.5	22.8
	ユキホマレ	7.17	9.21	0.6	63	66.2	12.1	35.2	100	35.6	2下	41.9	23.2
全体	ユキホマレR	7.21	9.26	0.4	60	67.4	12.4	34.2	99	33.1	2下	42.7	23.0
	ユキホマレ	7.21	9.25	0.5	62	65.7	12.1	34.7	100	35.0	2下	42.1	23.7

注1) 地帯区分は「道産豆類地帯別栽培指針」(1994)による。

注2) I (網走): 延べ2カ所, II (網走, 十勝, 上川, 留萌, 後志): 延べ16カ所, III (十勝, 上川): 延べ10カ所, IV (空知, 石狩, 胆振): 延べ14カ所。

注3) 倒伏程度は0(無)~4(甚)。

論 議

「ユキホマレR」の育成は、被害の顕在化しつつあるセンチュウ・レース1への早急な耕作的対策として、1999年に「十育233号」(後のユキホマレ)のセンチュウ抵抗性強化を目標としてレース1・3抵抗性の中間母本である「十系871号」との交配から開始した。1999年当時、地方番号を付して2年目の「十育233号」は、とよまさり銘柄の品種群を構成する白目中大粒の「トヨコマチ」, 「カリユタカ」, 「トヨホマレ」それぞれの育種の欠点であるへそ周辺着色抵抗性“弱”, センチュウ抵抗性“弱”, 裂莢性“易”に対して抵抗性を兼ね備えかつ早熟で収量性に優れた有望系統として強く品種化が期待されていた。「十育233号」およびとよまさり銘柄品種の持つレース3抵抗性は、「下田不知」を由来とし、その遺伝様式は劣性2対²¹⁾または3対¹²⁾と報告されていた。一方、「PI84751」を由来とするレース1・3抵抗性の遺伝様式は、補足的関係にある劣性3対 (*rhg1*, *rhg2*, *rhg3*)⁴⁾と優性1対 (*Rhg4*)¹³⁾の4遺伝子が推定されていた³⁾。「PI84751」由来のレース1抵抗性個体は同時にレース3にも抵抗性を示すこと、また、レース1・3抵抗性系統と「下田不知」由来レース3抵抗性系統との交配後代は、感受性との交配後代より抵抗性個体の出現頻度が高くなること¹⁵⁾から、レース1・3抵抗性に関与する劣性3対のうちのいくつか

が「下田不知」由来のレース3抵抗性にも関与すると考えられた。しかし、両者の遺伝的關係は解明されていなかった。そこで、1999年から十勝農試は農林水産省のゲノムプロジェクト研究に参画し、レース1・3抵抗性の遺伝解析と同マーカー開発を開始した。RILsを用いた解析で、作用力の大きい*Rhg1*座と*Rhg4*座の効果を確認し、次に「下田不知」に由来する遺伝的背景においてもその効果を検証するため、「十育233号」と「十系871号」の組合せのBC₁F₂個体のマーカー遺伝子型解析およびBC₁F_{2,3}系統によるレース1抵抗性後代検定を行った²⁶⁾。その結果、*Rhg1*と*Rhg4*の2座のマーカー遺伝子型でレース1抵抗性の判別が可能であることを確認し、これらに連鎖する抵抗性型の*rhg1s*-Satt309, *Rhg4*-Satt632および周辺マーカーを開発するとともにダイズ育種において初めてMASを実用化した。2002年以降はマーカー遺伝子型の情報のみを指標に新品種「ユキホマレ」との2回目, 3回目の戻し交配とBC₃F₂個体選抜を実施した。

「ユキホマレR」のシストセンチュウ抵抗性は、指定種苗品種特徴表示基準²²⁾では、「スズヒメ」「Peking」と並んで“極強”に区分される。しかし、センチュウ発生圃場で連作した場合、センチュウの寄生性が変異し、抵抗性が打破される危険性がある^{20), 30), 35)}。これは、センチュウの個体群には異なる寄生性を示す個体が混在するため、抵抗性品種の連作によってセンチュウが淘汰され

ることで、より寄生性の強い個体群が優占することで品種の抵抗性が打破されると考えられている¹⁾。このため、土壌中のセンチウ密度低下を目的とする「ユキホマレR」の連作は避け、適正な輪作による栽培が基本となる。

「ユキホマレR」の戻し交配回数は3回である。これは、「ユキホマレR」と同様にMASを利用した豆類の戻し交配品種である「フクミノリ」⁵⁾の5回、「福寿金時」¹⁵⁾の6回と比較して少ない。「フクミノリ」のハスモンヨトウ抵抗性の供与親である「ヒメシラズ」は、百粒重がおよそ10gの青刈飼料用ダイズ品種であり、収量や加工品質などの特性が劣る。また、「福寿金時」の黄化病抵抗性の供与親である「大福」は大福類品種であり、金時類品種とは草型伸育性や種子の形・色などの特性が大きく異なる。有用農業形質が集積された反復親に、供与親の有用形質のみを導入し、不要形質を組み換えて除去するためには、5~6回の戻し交配を要したといえる。一方、「ユキホマレR」のレース1・3抵抗性の由来である遺伝資源「PI84751」は、十勝では極晩生で成熟期に達せず、種皮色が黒い長楕円体、百粒重が10g程度の極小粒であり、センチウ抵抗性以外の農業形質は実用品種に比べ著しく劣る。このため、「PI84751」のレース1・3抵抗性を有する実用的な中間母本「十系871号」の育成までに、1960年から5回の通常交配と選抜を経て、①レース1抵抗性遺伝子*Rhg4*と種子色を決定する遺伝子*I*との間の強連鎖¹³⁾の組換え、②粒重3倍の大粒化、③極晩生から中生への熟性遺伝子構成の改変など、多くの劣悪形質の改良が重ねられた(図2)。「十系871号」は、「トヨムスメ」¹⁷⁾並の熟期、収量、粒大と品質を持つことから、1997年以降レース1・3抵抗性で良質大粒の交配母本として多用されたが、単交配では他の優良形質を十分に集積することができず、品種化には至らなかった。「ユキホマレR」が品種となり得たのは、優れた中間母本「十系871号」とMAS技術が利用可能となったことで、3回の戻し交配後早期に系統評価試験に移行できたためと考えられる。「ユキホマレ」の育成後、速やかに同品種をピンポイント改良した「ユキホマレR」は、ダイズでは我が国最初のMASによる優良品種開発事例となった。

基幹品種「ユキホマレ」の置換品種として「ユキホマレR」が普及するための要件は、生産者および実需者に対する「ユキホマレ」との“実質的な同等性”の確保である。農業特性面では、センチウ抵抗性を除き「ユキホマレR」は「ユキホマレ」と同様の特性を有する。このため、生産者は従来の「ユキホマレ」と同じ栽培技術が適用可能である。一方、品質面では、「ユキホマレR」の百粒重は1.5g程度小さく(表4)、粗蛋白質含有率と全糖含有率はわずかに異なる傾向が見られ(表17)、豆腐破断応力は、やや高い傾向にあった(図4)。しかし、子実

の粒大区分は同じであり(表5)、センチウ汚染圃場の百粒重は同等であり(表8)、品質の低下は無かった。さらに、のべ14社16回の実需者による加工適性の評価は、その多くが「ユキホマレ」並であった(表15)。また、試作豆腐の品種識別試験では、「ユキホマレR」と「ユキホマレ」の製品間に有意な差はなく、官能評価でも2品種を識別できなかった(表18)。国産大豆協議会品質評価分科会における評価もすべて「ユキホマレ」と同等であった(表16)。従って、実需者にとって「ユキホマレR」は「ユキホマレ」と“実質的に同等”であり、「ユキホマレ」と同様の加工技術の利用と販売が可能であると考えられる。

「ユキホマレR」の百粒重は、センチウ抵抗性の供与親「十系871号」より小さく、さらに反復親「ユキホマレ」より小さい。「ユキホマレR」と同組合せで戻し交配回数が1回多い「十系1042号」および「十系1043号」の百粒重は、「ユキホマレR」並である(データ省略)。戻し交配回数が増えるほど、通常その特性は反復親に近づく傾向にあるが、「ユキホマレR」の組合せでは百粒重は、戻し交配回数を増やしても反復親並にはならなかった。このことから、導入した*Rhg4*座または*Rhg1*座が、粒大に関わる領域と連鎖している可能性があると考えられる。「ユキホマレR」では反復親との粒大差は実用上の問題とならない程度であるが、今後センチウ・レース1・3抵抗性を目的とした戻し交配を行う際は、粒大に留意する必要がある。

「ユキホマレR」の開発に続き、道総研では納豆用小粒の主力品種である「スズマル」²⁾や「ユキシズカ」³⁴⁾のレース1抵抗性置換品種の開発を進めている。これは、MASを利用した戻し交配育種法が、優良形質が高度に集積された品種・系統のピンポイント改良に非常に有効であるためである。しかし、同手法では反復親の優良形質と同時に不良形質も引き継がれるため、「ユキホマレR」は開花後の低温に起因する裂開粒の発生や、豆腐の物性が不十分である点など「ユキホマレ」の欠点をそのまま有している。特に、MAS技術が確立されていない豆腐適性など品質に関する形質の改良は、高度に優良形質を集積した中間母本間の交配と、効率のかつ効果的な系統の選抜と評価による育種が今後も必要であろう。上記の「ユキホマレ」の欠点を改良し、2012年に品種化された「とよみづき」³¹⁾は、「ユキホマレ」を片親とした単交配で、耐冷性現地圃場での系統選抜と、少量試料による豆腐破断応力の選抜を経て育成された。

道総研のダイズ育種におけるMAS技術の利用は、「ユキホマレR」を始めとする戻し交配育種の他、初中期世代系統の抵抗性選抜や、中後期世代の特性評価に適用している。シストセンチウ抵抗性に加えてWilis由来の

わい化病抵抗性³³⁾、「トヨハルカ」由来の低温着色抵抗性¹⁴⁾、難裂莢性⁶⁾等を対象形質に、現在では生物工学部門が年3,000サンプル、5,000マーカーの検定を実施している。生物工学部門がマーカー検定を担当することで、育成場は求められる多数の有用形質をMASにより初中期世代から効率的に選抜でき、遺伝率が比較的lowく検定や評価に労力を要する豆腐加工適性、耐倒伏性や収量性について育種強化が可能となった。また、冬季における種子を用いたMASも併用し、感受性系統を播種前に廃棄することで、圃場面積の有効利用も図っている。

MASの利点は、置換品種の育成のみならず、有用形質の選抜に要する時間と労力の軽減、複数形質の同時選抜、不良形質導入の軽減などがあげられる。道総研では引き続き農林水産省のゲノムプロジェクトに参画し、裂開抵抗性³²⁾、耐湿性や多収性等のマーカー開発やゲノム選抜育種法の開発に取り組み、従来の手法では選抜効率の低い形質についてもMASの導入が可能となりつつある。今後、通常育種による優良形質の集積を基盤に、MASの積極的な活用により、ダイズ育種がさらに加速することが期待される。

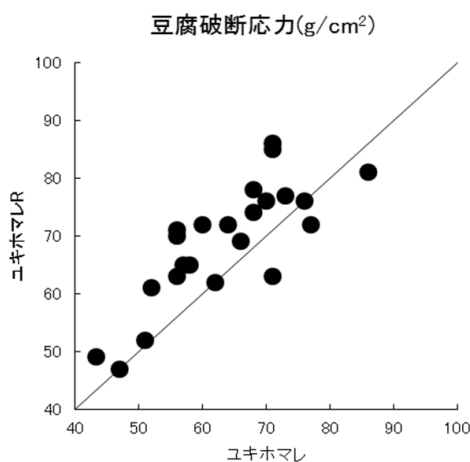


図4 少量試料による豆腐破断応力の比較 (中央農試, 2007年, 2008年)

注) 農試および現地試験のべ23カ所の産物によるデータ。

表18 試作豆腐の識別試験成績

組合せ	パネル数	正解数	検定	有意となる正解数		
				5%	1%	0.1%
A,A,B	18	9	ns	10	12	13
A,B,B	18	5	ns			
計	36	14	ns	18	20	22

注1) 3点識別試験法 (古川秀子 おいしさを測る - 食品官能検査の実際 より) により, AとBに差があるかを検定。

注2) 供試は表15で製造した豆腐 (H社製)。A:「ユキホマレR」、B:「ユキホマレ」。

謝辞 「ユキホマレR」の育成にあたり、各種の試験にご協力いただいた道総研農業試験場の担当者の皆様、現地試験を担当していただいた北海道農業改良普及センターの皆様、改めて厚くお礼申し上げます。また、加工適性試験でご協力を賜った北海道豆類種子対策協議会および国産大豆協議会および実需者の皆様に、深く感謝申し上げます。シストセンチウ抵抗性マーカーの開発、選抜システムの開発および「ユキホマレR」のMASは、イネゲノムプロジェクト (1999~2001年) およびDNAマーカープロジェクト (2002~2006年) の参画課題中で実施され、石本政男博士をはじめ農研機構のダイズゲノムに関わる方々に多大なるご支援・ご指導をいただいた。ここに記して厚くお礼申し上げます。

付表1 育成担当者

育成担当者	担当年次	世代
三好 智明	2007~2009	BC ₃ F ₆ ~BC ₃ F ₈
白井 滋久	2003~2006	BC ₃ F ₂ ~BC ₃ F ₅
湯本 節三	1999~2003	交配~BC ₃ F ₁
田中 義則	1999~2003	交配~BC ₃ F ₁
萩原 誠司	2003~2009	BC ₃ F ₂ ~BC ₃ F ₈
黒崎 英樹	1999~2002	交配~BC ₃ F ₃
山崎 敬之	1999~2007	交配~BC ₃ F ₆
鈴木 千賀	1999~2000, 2002~2009	交配~BC ₁ F ₁ , BC ₂ F ₁ ~BC ₃ F ₈
大西 志全	2002~2006	BC ₃ F ₁ ~BC ₃ F ₅
山口 直矢	2008~2009	BC ₃ F ₇ ~BC ₃ F ₈

付表2 奨励品種決定基本調査および特性検定試験成績の担当者

試験研究機関名	担当者氏名
道総研北見農業試験場	黒崎 英樹, 山崎 敬之, 佐藤 三佳子
道総研上川農業試験場	佐藤 三佳子, 青山 聡
道総研中央農業試験場	田中 義則, 藤田 正平, 大西 志全, 山下 陽子, 鴻坂 扶美子

引用文献

- 1) 相場聡, 清水啓, 三井康. 単シストから増殖したダイズシストセンチュウの個体群の寄生性変異. 北海道農業試験場研究報告160, 75-83 (1995)
- 2) 番場宏治, 松川勲, 谷村吉光, 足立大山, 鈴木和織, 後木利三, 森義雄, 古川勝弘. だいでず新品種「スズマル」の育成について. 北海道立農試集報. 58, 55-69 (1988)
- 3) Bernard, R. L. and M. G. Weiss. Qualitative genetics. In B. E. Caldwell (ed.) Soybeans: Improvement, production, and uses. Agronomy, 16, 117-154 (1973)
- 4) Caldwell, B. E., C. A. Brim and J. P. Ross. Inheritance of resistance of soybeans to the cyst nematode, *Heterodera glycines*. Agron. J., 52, 635-636 (1960)
- 5) だいでず「フクユタカ」よりハスモンヨトウ抵抗性が強い新品種「フクミノリ」. 九州沖縄農業 研究成果情報. 第25号, 23-24 (2010)
- 6) Funatsuki H., M. Suzuki, A. Hirose, H. Inaba, T. Yamada, M. Hajika, K. Komatsu, T. Katayama, T. Sayama, M. Ishimoto and K. Fujino. Molecular basis of a shattering resistance boosting global dissemination of soybean. Proc. Natl Acad. Sci. USA 111, 50, 17797-17802 (2014)
- 7) Golden A.M., J. M. Epps, R. D. Riggs, L. A. Duclos, J. A. Fox and R. L. Bernard. Terminology and identity of intraspecific forms of the soybean cyst nematode (*Heterodera glychines*). Plant Dis. Rep. 54, 544-546 (1970)
- 8) Good J. M. Nematodes. In B. E. Caldwell (ed.) Soybeans: Improvement, production, and uses. Agronomy, 16, 527-543 (1973)
- 9) 萩原誠司, 白井滋久, 湯本節三, 松川勲, 山崎敬之, 鈴木千賀, 大西志全, 田中義則, 黒崎英樹, 角田征仁. 低温抵抗性でイソフラボン含量が高いダイズ品種「ゆきぴりか」の育成. 育種学研究. 11(別2), 129 (2009)
- 10) 北海道農政部編. 道産豆類地帯別栽培指針. 北海道農政部. 37-38 (1994)
- 11) 稲垣春郎. 植物寄生性線虫のレースをめぐる諸問題—日本産ダイズシストセンチュウのレース—. 植物防疫. 第35巻, 第2号, 53-56 (1981)
- 12) 紙谷元一, 木口忠彦, 萩原誠司, 白井和栄, 折原(鈴木)千賀, 湯本節三. ダイズ連鎖群GのQTL解析. 育種学研究. 2(別1), 119 (2000)
- 13) Matson, A. L., and L. F. Williams. Evidence of a fourth gene for resistance to the soybean cyst nematode. Crop Sci. 5, 477 (1965)
- 14) Ohnishi, S., H. Funatsuki, A. Kasai, T. Kurauchi, N. Yamaguchi, T. Takeuchi, H. Yamazaki, H. Kurosaki, S. Shirai, T. Miyoshi, H. Horita and M. Senda. Variation of *GmIRCHS* (*Glycine max* inverted-repeat CHS pseudogene) is related to tolerance of low temperature-induced seed coat discoloration in yellow soybean. Theor. Appl. Genet. 122, 633-642 (2011)
- 15) 奥山昌隆, 江部成彦, 竹内徹, 小野寺鶴将, 島田尚典, 佐藤仁. インゲンマメ新品種「福寿金時」の育成. 北海道立総合研究機構農試集報. 99, 13-24 (2015)
- 16) 酒井真次, 砂田喜代志. 寒地におけるダイズシストセンチュウ抵抗性育種. 我が国における豆類の育種, 小島睦男編, 総合農業研究叢書. 第10号, 124-153 (1987)
- 17) 佐々木絃一, 砂田喜与志, 土屋武彦, 酒井真次, 紙谷元一, 伊藤 武, 三分一敬. だいでず新品種「トヨムスメ」の育成について. 北海道立農試集報. 57, 1-12 (1988)
- 18) 佐々木絃一, 砂田喜代志, 紙谷元一, 伊藤武, 酒井真次, 土屋武彦, 白井和栄, 湯本節三, 三分一敬. だいでず新品種「トヨコマチ」の育成について. 北海道立農試集報. 60, 45-58 (1990)
- 19) 生産振興局農産振興課編. 麦類・豆類・雑穀便覧(豆類編). 北海道農政部, p17 (2016)
- 20) 清水啓. 北海道におけるダイズシストセンチュウのレース—十勝地域を中心として—. 植物防疫. 41(3), 27-33 (1987)
- 21) 指定種苗品種特徴表示基準, 昭和六十二年四月二十八日, 農林水産省告示第五百十六号
- 22) 白井和栄, 富田謙一, 土屋武彦. ダイズシストセンチュウのレース3に対するダイズの「下田不知」系抵抗性の遺伝. 育種・作物学会北海道談話会会報. 31, 54 (1991)
- 23) 砂田喜与志, 後藤寛治, 斎藤正隆, 酒井真次. 大豆新優良品種「ホウライ」および「トヨスズ」. 北農. 33(11), 16-28 (1966)
- 24) 砂田喜与志, 酒井真次, 後藤寛治, 三分一敬, 土屋武彦, 紙谷元一. だいでず新品種「スズヒメ」の育成について. 北海道立農試集報. 45, 89-100 (1981)
- 25) 鈴木千賀, 湯本節三. わが国における食用マメ類の研究. 総合農業研究叢書. 第44号, 2003. p.109-118
- 26) Suzuki C., Y. Tanaka, T. Takeuchi, S. Yumoto and S. Shirai. Genetic relationships of soybean cyst nematode resistance originated in Gedenshirazu and PI84751 on *Rhg1* and *Rhg4* loci. Breed. Sci. 61, 602-607 (2012)
- 27) 田中義則, 富田謙一, 湯本節三, 黒崎英樹, 山崎敬

- 之，鈴木千賀，松川勲，土屋武彦，白井和栄，角田征仁．ダイズ新品種「ユキホマレ」の育成．北海道立農試集報．84，13-24（2003）
- 28) 田中義則，飯田修三，水越亨．ダイズシストセンチュウ発生圃場に抵抗性品種を効果的に導入するための簡易判定法．新しい研究成果－北海道地域－．62-65（2007）
- 29) 田中義則，白井滋久，湯本節三，松川勲，萩原誠司，黒崎英樹，山崎敬之，鈴木千賀，大西志全，角田征仁．ダイズ新品種「トヨハルカ」の育成．北海道立総合研究機構農試集報．99，47-60（2015）
- 30) Triantaphyllou, A.C. Genetic structure of races of *Heterodera glycines* and inheritance of ability to reproduce on resistant soybeans. J. Nematol. 7, 356-364（1975）
- 31) 山口直矢，三好智明，萩原誠司，鈴木千賀，小谷野茂和，白井滋久，湯本節三，田中義則，黒崎英樹，山崎敬之，大西志全．豆腐加工適性と耐冷性に優れる大豆新品種「とよみづき」の育成．育種学研究．16(別2)，126（2014）
- 32) Yamaguchi N., F. Taguchi-Shiobara, T. Sayama, T. Miyoshi, M. Kawasaki, M. Ishimoto and M. Senda. Quantitative trait loci associated with tolerance to seed cracking under chilling temperature in soybean. Crop Sci. 55, 2100-2107（2015）
- 33) Yamashita Y., T. Takeuchi, S. Ohnishi, J. Sasaki and A. Tazawa. Fine mapping of the major soybean dwarf virus resistance gene *Rsdv1* of the soybean cultivar 'Wilis'. Breed. Sci. 63, 417-422（2013）
- 34) 山崎敬之，湯本節三，田中義則，黒崎英樹，鈴木千賀，松川勲，土屋武彦，白井和栄，富田謙一，角田征仁．ダイズ新品種「ユキシズカ」の育成．北海道立農試集報．87，21-32（2004）
- 35) 湯原巖，桜井清．ダイズシストセンチュウ抵抗性に関する研究（第3報）大豆品種抵抗性の地域差について．北海道農試集報．99，89-96（1971）
- 36) 湯本節三，土屋武彦，白井和栄，田中義則，富田謙一，佐々木紘一，紙谷元一，伊藤武，砂田喜代志，酒井真次，三分一敬．ダイズ新品種「大袖の舞」の育成について．北海道立農試集報．65，45-59（1993）
- 37) 湯本節三，高橋浩司，中村茂樹．セルトレイを用いたダイズシストセンチュウ抵抗性の簡易検定法．研究成果情報 総合農業 1995，71-72（1996）

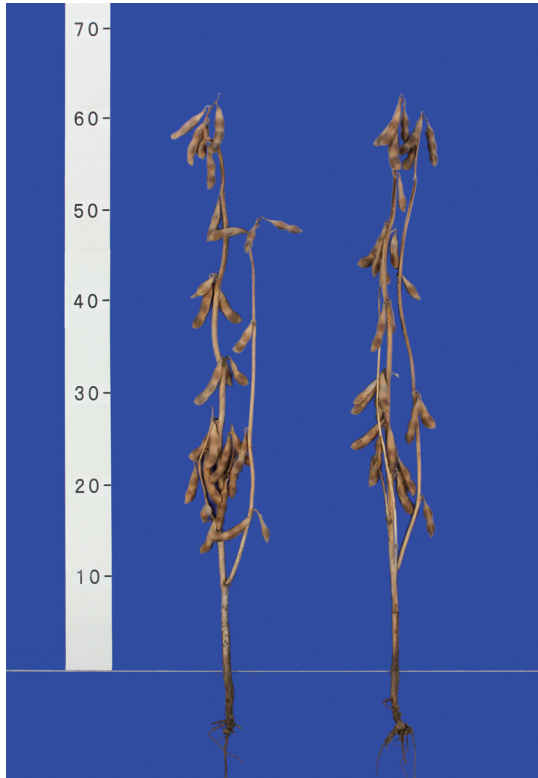


写真1 「ユキホマレR」の草本
 左：「ユキホマレR」 右：「ユキホマレ」

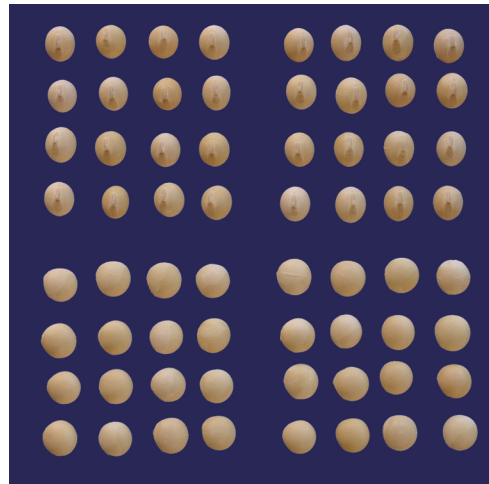


写真2 「ユキホマレR」の子実
 左：「ユキホマレR」 右：「ユキホマレ」



写真3 「ユキホマレR」 成育中の草姿
 左：「ユキホマレR」 右：「ユキホマレ」



写真4 「ユキホマレR」の成熟期の草姿
 左：「ユキホマレR」 右：「ユキホマレ」

A New Soybean Variety “Yukihomare R” Introduced Resistance for Soybean Cyst Nematode race1 into “Yukihomare” by Marker Assisted Selection

Chika SUZUKI^{*1}, Tomoaki MIYOSHI^{*2}, Shigehisa SHIRAI^{*6}, Setsuzo YUMOTO^{*7},
Yoshinori TANAKA^{*4}, Seiji HAGIHARA^{*3}, Naoya YAMAGUCHI^{*2},
Hideki KUROSAKI^{*1}, Hiroyuki YAMAZAKI^{*5} and Shizen OHNISHI^{*3}

Summary

A soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) var. “Yukihomare R” was developed by Hokkaido Research Organization Tokachi Agricultural Experiment Station. It was adopted as one of the recommended soybean varieties by Hokkaido in 2010, and was registered as “Yukihomare R” by the Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries of Japan in 2011.

“Yukihomare R” was developed by backcrosses recurrently three times between the donor parent “Tokei-871”, a variety with resistance to soybean cyst nematode (SCN) race1 and race3, and the recurrent parent “Yukihomare”, a major cultivar in Hokkaido. Resistance to SCN race1 in each breeding material was evaluated by marker assisted selection for the SCN resistant loci, *Rhg1* and *Rhg4*. Except for resistance to SCN race1, “Yukihomare R” has agricultural and food processing characteristics similar to those of its recurrent parent “Yukihomare”.

In the area where the damage of SCN race1 has occurred, the use of “Yukihomare R” instead of “Yukihomare” is expected to contribute to the stable soybean production in Hokkaido.

*1 Hokkaido Research Organization Tokachi Agricultural Experiment Station (Present; Hokkaido Research Organization Central Agricultural Experiment Station, Naganuma, Hokkaido, 069-1395, Japan)

E-mail: suzuki-chika@hro.or.jp

*2 ditto Memuro, Hokkaido, 082-0081, Japan

*3 ditto. (Present; Hokkaido Research Organization Kitami Agricultural Experiment Station, Kunneppu, Hokkaido, 099-1496 Japan)

*4 ditto. (Present; Hokkaido Plant Genetic Resources Division, Central Agricultural Experiment Station, Takikawa, Hokkaido, 073-0013 Japan)

*5 ditto. (Present; Headquarters, Sapporo, Hokkaido, 060-0819 Japan)

*6 ditto. (Present; Kitahiroshima, Hokkaido, 061-1111 Japan)

*7 ditto. (Present; Tsukuba, Ibaraki, 300-1252 Japan)