

硬質小麦品種育成のための耐湿性に優れた交配母本の選定

太田自由¹⁾・荒川みずほ¹⁾・辻 孝子²⁾・伊藤幸司¹⁾

摘要:「ニシカゼコムギ」と「愛系硬11-23」のF₁から作出した半数体倍加系統の特性検定試験、生産力検定試験等の結果から、耐湿性に優れた交配母本として「愛系硬18-16」、「愛系硬20-10」の2系統を選定した。2系統ともに安定した高い耐湿性を示す。「愛系硬18-16」は、収量性、立毛評価、耐倒伏性に優れるが、タンパク質含量やSDS沈降量が低い。「愛系硬20-10」はタンパク質含量とSDS沈降量の値が高いが、長稈で立毛評価に劣る。両系統の特性を考慮して交配することで耐湿性に優れた硬質小麦品種の育成が期待される。

キーワード:硬質小麦、耐湿性、交配母本

緒言

本県における小麦は、そのほとんどが水田転換畑で栽培されており、湿害による収量・品質の低下が問題となっている。愛知県農業総合試験場では、暗渠を施工した耐湿性検定ほ場において、茎立期から成熟期まで入水処理をし、出穂期の下葉枯れ及び成熟期の穂枯れの程度を指標とした耐湿性検定を行っている¹⁾。耐湿性の強弱は下葉と穂の枯れあがり程度から耐湿性スコアを算出して、対照品種の農林61号と比較して判定する²⁾。小麦では、品種により耐湿性の強弱があり、硬質小麦は軟質小麦より耐湿性が弱い傾向がみられる。愛知県が育成した硬質小麦品種「ゆめあかり」は品質や収量性は良いが耐湿性は軟質小麦品種「きぬあかり」より低く、生産の拡大には耐湿性の改良が求められる。このことから、耐湿性に優れた系統の育成は今後の県内での硬質小麦生産の安定に重要であると考えられる。そこで、硬質小麦に耐湿性を付与した系統を作出するため、2015年度から2016年度にホクレン農業協同組合連合会(ホクレン)、トヨタ自動車株式会社との共同研究により、耐湿性の判定がやや強の「ニシカゼコムギ」²⁾と、硬質小麦「ハルイブキ」、「ミナミノカオリ」及び「ゆめかおり」の交配後代で製パン性や穂発芽耐性に優れるが、耐湿性に劣る本県育成系統「愛系硬11-23」とのF₁から半数体倍加系統(DH系統)を得た。

本研究ではこのDH系統を用い耐湿性評価、生産力検定、特性検定を行い、耐湿性等に優れた硬質小麦交配母本を選定したので報告する。

材料及び方法

1 供試系統の育成経過

本研究での育成・選定経過を表1に示す。2015年度に耐湿性の判定がやや強の「ニシカゼコムギ」と耐湿性判定が中の「愛系硬11-23」を交配し、2016年度にF₁種子200粒を得た。このF₁種子を用いて、ホクレンで半数体倍化系統528系統を作出した。2017年度に種子量が多い250系統についてポット栽培を行い、種子を増殖した。2018年度にはこのうち5g以上種子量がある209系統を圃場に点播し、出穂期、グルテン遺伝子型(*Glu-D1*)、ピュロインドリン遺伝子型及び、立毛評価に供試した。このうち、特に種子量が多い32系統は耐湿性検定^{1,2)}にも供試した。出穂期、遺伝子型、立毛評価を総合的に判断し、31系統を選抜した。このうち、耐湿性検定にも供試され、耐湿性スコア130以上の「やや強」と判定された7系統に愛系番号を付名した(愛系硬18-11~17)。2019年度には耐湿性検定により15系統を選抜し、「やや強」と判定された6系統に愛系番号を付名した(愛系硬19-11~16)。2020年度には2か年の年次間差が小さく耐湿性検定の結果が安定して高い3系統に新たに愛系番号を付名した(愛系硬20-8~10)。

2 調査内容

(1) 特性検定試験

2018年度から2021年度に耐湿性検定^{1,2)}を行った。下葉と穂の枯れ程度を0(無)~100(甚)まで5の倍数で評価した。枯れ程度から健全度(100-枯れ程度)を算出し、下葉と穂の平均値と対照品種「農林61号」の数値との比率を耐湿性スコアとした。

また、2021年度に播き性検定、赤さび病検定³⁾、穂発芽検定を実施した。

播き性検定は、3月1日、16日、26日の3段階に播種時期をずらし、播き性基準品種(はつほこむぎ、農林61号、新中長、イワイノダイチ)と比較して判定を行った。

赤さび病検定は、3月16日に播種を行い、自然発病での

本研究の一部は共同研究「DNAマーカー開発による耐湿性等に優れたコムギ品種の育成」により実施した。

¹⁾作物研究部 ²⁾作物研究部(退職)

(2022.9.7受理)

発生程度を6月21日に調査した。

穂発芽検定は成熟期にサンプリングした穂を1日35°C通風乾燥後、水に浸漬し十分に吸水させた後、16°Cで3日間静置し、発芽程度を調査した。

遺伝子型判定は2020年度から2021年度に農研機構西日本農業センターに依頼した。

(2) 生産力検定試験及び品質調査

2020年度、2021年度に愛知県農業総合試験場作物研究部E2圃場において生産力検定予備試験、2020年度に同E1圃場で生産力検定本試験を実施した。播種は条播で行い、予備試験は1系統につき1条4 m、2反復、播き幅20 cm、条間40 cm、本試験は1系統2条4 m、3反復、播き幅20 cm、条間40 cmで実施した。出穂期、成熟期、稈長、穂長、穂数、倒伏程度、精麦重、千粒重、容積重、外観品質、立毛評価、タンパク質含量(近赤外分光法⁴⁾)、SDS沈降量(マイクロSDSセディメンテーション法⁵⁾)について調査を実施した。

結果及び考察

1 特性検定試験

(1) 耐湿性検定

愛系番号を付した16系統の耐湿性検定の結果を表2に示す。2018～2021年産の耐湿性検定結果の平均の判定が「中～やや強」で4年間を通して安定して「中」以上で判定されたもの(「愛系硬19-12」は2020年度判定で「やや弱～中」)は、16系統のうち、10系統であった。このため、他の特性検定や生産力検定、品質調査にはこの10系統を用いた。

耐湿性スコアは系統によって年次間でばらつきがあり、その平均が親品種「ニシカゼコムギ」と同等以上の系統はなかったが、平均120以上で年次間の分散が「ニシカゼコムギ」より小さく、安定した耐湿性を持つと考えられる系統は「愛系硬

表1 育成・選定の経過

実施年度	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
世代	交配	F ₁	DH ₁	DH ₂	DH ₃	DH ₄	DH ₅	
供試	系統数		250	209	31	15	10	
	個体数	200						
選抜	系統数		528	209	31	15	10	
	個体数	200粒					2	
生産力検定	予備試験					14	10	
	本試験					1		
特性検定	耐湿			32	31	15	10	
	播き性						10	
	穂発芽						10	
	赤さび						10	
遺伝子型				141		4	6	
	ニシカゼコムギ × 愛系硬 11-23	F ₁	AN-001 AN-250	AN-001 AN-006 AN-007 AN-008 AN-012 AN-031 AN-045 AN-052 AN-057 AN-067 AN-071 AN-075 AN-087 AN-088 AN-119 AN-127 AN-138 AN-139 AN-150 AN-154 AN-156 AN-180 AN-189 AN-198 AN-200 AB-209 AB-212 AB-213 AN-234 AN-242 AN-248 AN-250	AN-001 AN-006 AN-007 AN-008 AN-012 AN-031 愛系硬 18-11 AN-052 AN-057 AN-067 AN-071 AN-075 愛系硬 18-12 AN-088 AN-119 AN-127 愛系硬 18-13 AN-139 愛系硬 18-14 AN-154 AN-156 AN-180 愛系硬 18-15 AN-198 愛系硬 18-16 AB-209 AB-212 愛系硬 18-17 AN-234 AN-242 AN-248 AN-250	AN-006 AN-007 AN-008 AN-012 AN-031 愛系硬 18-11 AN-052 AN-057 AN-067 AN-071 AN-075 愛系硬 18-12 AN-088 AN-119 AN-127 愛系硬 18-13 AN-139 愛系硬 18-14 AN-154 AN-156 AN-180 愛系硬 18-15 AN-198 愛系硬 18-16 AB-209 AB-212 愛系硬 18-17 AN-234 AN-242 AN-248 AN-250	愛系硬 19-11 愛系硬 19-12 AN-012 愛系硬 19-13 愛系硬 18-11 AN-075 愛系硬 18-12 愛系硬 19-14 愛系硬 19-15 愛系硬 18-13 愛系硬 19-16 AN-156 AN-180 愛系硬 18-16 AN-242	愛系硬 19-11 愛系硬 20-8 愛系硬 18-11 愛系硬 20-9 愛系硬 18-12 愛系硬 19-15 愛系硬 18-13 愛系硬 19-16 愛系硬 20-10 ○ 愛系硬 18-16 ○

18-11]、「愛系硬18-13」、「愛系硬18-16」、「愛系硬20-9」、「愛系硬20-10」であった。

(2) 播き性検定、赤さび病検定、穂発芽検定

結果を表3に示す。播き性は「愛系硬19-15」がIV～V、それ以外はIIまたはI～IIであった。赤さび病は「愛系硬18-11」、「愛系硬18-12」、「愛系硬18-13」、「愛系硬18-16」、「愛系硬19-16」が強であった。穂発芽は「愛系硬19-16」がやや難、「愛系硬20-9」が極難、それ以外は難であった。

(3) 遺伝子型判定

結果を表4に示す。生地物性に関わる *Glu-A1*、*Glu-A3* 遺伝子について生地物性を弱くする遺伝子型 (*Glu-A1c*、*Glu-A3e*) 及び小麦粉の色相に関わる *Ppo-D1* 遺伝子について小麦粉生地の色を悪くする遺伝子型 (*Ppo-D1b*) を持つ系統があり、すべての遺伝子が好ましい遺伝子型の組み合わせの系統はなかった。

好ましくない遺伝子型が1つだけの系統は「愛系硬18-13」、「愛系硬19-11」、「愛系硬20-8」、「愛系硬20-10」であった。

2 生産力検定試験及び品質調査

2020年産、2021年産の生産力検定予備試験結果を表5に示す。出穂期、成熟期についてはともに「愛系硬18-12」が対照の「ゆめあかり」よりやや早かった。稈長は「愛系硬18-16」が短く、倒伏も見られなかった。穂長は「愛系硬20-10」が長く、穂数は「愛系硬18-11」、「愛系硬18-16」、「愛系硬19-16」が多かった。精麦重は「愛系硬18-11」、「愛系硬18-16」、「愛系硬19-11」、「愛系硬19-16」は2か年平均で「ゆめあかり」より1割以上高かった。千粒重は「愛系硬19-11」が最も大きく、容積重は「愛系硬19-16」が大きかった。外観品質は2021年度の「愛系硬18-13」は2.0で1等相当であった。立毛評価は「愛系硬18-12」、「愛系硬18-16」が比較的高い評価であった。製パン適性に関わるタンパク質含量とSDS沈降量は「愛系硬18-12」、「愛系硬20-10」が優れていた。

3 交配母本の選定と今後の活用

調査結果から、親系統である硬質小麦「愛系硬11-23」や「ゆめあかり」より耐湿性が高く、3か年の耐湿性スコアが安定して高く評価された2系統「愛系硬18-16」「愛系硬20-10」を今後の交配母本として選定した。

「愛系硬18-16」は耐湿性スコア127、分散88で安定した高い耐湿性を持ち、収量性は2か年平均503 kg/10 aで「ゆめあかり」より1割多収で立毛評価、耐倒伏性が優れる。しかし、タンパク質含量やSDS沈降量が低く、遺伝子型は生地物性に優れる *Glu-A3c* は持つが、生地物性が劣る *Glu-A1c* と色相が劣る *Ppo-D1b* を持つため、製パン適性に劣る可能性がある。

「愛系硬20-10」は耐湿性スコア128、分散174で、年次間差は「愛系硬18-16」より大きい「ニシカゼコムギ」(分散698) よりも小さい。また、遺伝子型は *Glu-A3c* を持たないが、「愛系硬18-16」にはない、生地物性に優れる *Glu-A1a*、色相に優れる *Ppo-D1a* を持ち、製パン適性に影響を及ぼすタンパク質含量とSDS沈降量が「ゆめあかり」と同等で高い一方、長稈で立毛評価が劣る。

耐湿性の評価は気象条件や、栽培条件等の影響を受けると考えられる。耐湿性の品種間差に関しては、いくつかの生育ステージで様々な品種の耐湿性の検定が行われているが、これまでに耐湿性が強い小麦品種について一致した見解は得られておらず、栽培実験や育種現場で利用される共通の遺伝資源は見出されていない⁴⁾。本研究では、DH系統を用いることで遺伝子型の固定期間を短縮し、2015年から2021年までの7年間で早期に硬質小麦の交配母本を選定することができた。本研究で選定した交配母本はともに耐湿性に優れるが、母本として用いる際には製パン適性や立毛評価等の特性を補う交配組合せを検討することで、耐湿性に優れた硬質小麦品種の育成が期待される。

謝辞: 本研究を行うに当たりホクレン農業協同組合連合会及びトヨタ自動車株式会社の関係者様にご協力頂いたので、ここに感謝の意を表す。

表2 耐湿性検定結果(耐湿性スコア)

品種・系統名	2018	2019	2020	2021	平均	分散	判定結果 ¹⁾
(親)ニシカゼコムギ	163	147	119	104	133	698	やや強
(親)愛系硬11-23	106	113	—	—	109	21	中
(対)ゆめあかり	93	115	77	88	93	258	中
(参)きぬあかり	93	116	132	122	116	261	中～やや強
愛系硬18-11	160	116	103	122	125	609	中～やや強
愛系硬18-12	—	116	99	134	117	305	中～やや強
愛系硬18-13	—	126	104	148	126	478	中～やや強
愛系硬18-14	—	108	—	—	108	—	中
愛系硬18-15	—	104	—	—	104	—	中
愛系硬18-16	—	118	125	137	127	88	中～やや強
愛系硬18-17	—	100	—	—	100	—	中
愛系硬19-11	—	136	93	128	119	511	中～やや強
愛系硬19-12	—	138	89	—	114	1201	中～やや強
愛系硬19-13	—	130	72	—	101	1682	中
愛系硬19-14	—	132	72	—	102	1800	中
愛系硬19-15	—	174	96	116	129	1672	中～やや強
愛系硬19-16	—	157	98	134	129	877	中～やや強
愛系硬20-8	—	115	115	115	115	0	中～やや強
愛系硬20-9	—	119	120	127	122	18	中～やや強
愛系硬20-10	—	124	116	142	128	174	中～やや強

1) 耐湿性スコアが130以上:やや強、110-130:中～やや強、90-110:中、70-90:やや弱～中、50-70:やや弱、50以下:弱

表3 特性検定結果(2021年度実施)

品種名	播き性	赤さび病	穂発芽
愛系硬18-11	I～II	強	難
愛系硬18-12	II	強	難
愛系硬18-13	II	強	難
愛系硬18-16	II	強	難
愛系硬19-11	II	中	難
愛系硬19-15	IV～V	やや強	難
愛系硬19-16	II	強	やや難
愛系硬20-8	II	中	難
愛系硬20-9	II	中	極難
愛系硬20-10	II	中	難
(参)きぬあかり	II	-	やや易
(対)ゆめあかり	II	-	難
(比)はつほこむぎ	I	-	-
(比)農林61号	II	-	-
(比)新中長	III	-	-
(比)イワイノダイチ	IV	-	-

表4 遺伝子型判定結果

	生地物性							硬軟質性		アミロース	色相	
	<i>Glu-A1</i>	<i>Glu-B1</i>	<i>Glu-D1</i>	<i>Glu-A3</i>	<i>Glu-B3</i>	<i>Glu-D3</i>	<i>Gli-D1</i>	<i>Pina-D1</i>	<i>Pimb-D1</i>	<i>Wx-B1</i>	<i>Ppo-A1</i>	<i>Ppo-D1</i>
愛系硬 18-11	c ¹⁾	b	d	e ¹⁾	i	-	N+	a	b	a	b	b ¹⁾
愛系硬 18-12	c	u	d	c	i	a	N	a	b	a	b	b
愛系硬 18-13	a	b	d	e	i	-	N	a	b	a	b	a
愛系硬 18-16	c	b	d	c	i	a	N	a	b	a	b	b
愛系硬 19-11	a	u	d	c	i	a or b	N	a	b	a	b	b
愛系硬 19-15	c	b	d	c	i	a or b	N	a	b	a	b	b
愛系硬 19-16	c	b	d	e	i	a or b	N	a	b	a	b	b
愛系硬 20-8	a	b	d	e	i	a or b	N	a	b	a	b	a
愛系硬 20-9	c	u	d	e	i	a or b	N	a	b	a	b	a
愛系硬 20-10	a	b	d	e	i	a or b	N	a	b	a	b	a
(参)きぬあかり	b	-	-	d	g	-	-	-	-	b	-	-
(対)ゆめあかり	a	-	d	d	j	-	-	-	-	a	-	-

1) *Glu-A1c*、*Glu-A3e*は生地物性に劣る、*Ppo-D1b*は小麦粉の色が劣る

表5 生産力検定予備試験及び品質調査結果

系統名	年産	出穂期	成熟期	稈長	穂長	穂数	倒伏程度	精麦重	同左比	千粒重	容積重	外観品質	立毛概評	タンパク質含量	SDS沈降量
		月/日	月/日	cm	cm	本/m ²	2)	kg/10a	較比率 ³⁾	g	g/L	4)	5)	%	
愛系硬18-11	2020	3/29	6/1	88	8.4	527	2.5	477	127	40.3	812	6.0	△×	10.6	6.1
	2021	4/1	5/31	90	8.5	622	3.0	596	112	37.8	817	5.0	△×	10.2	5.4
愛系硬18-12 ¹⁾	2020	3/27	5/27	84	8.9	432	0.0	378	101	41.2	825	6.0	△○	12.5	8.3
	2021	3/29	5/29	83	8.9	568	0.5	465	88	35.2	817	5.5	△○	11.5	7.5
愛系硬18-13	2020	4/3	5/29	97	9.4	480	0.5	409	109	42.0	840	4.5	△~△×	10.7	6.5
	2021	4/3	5/29	91	9.8	388	0.8	513	97	39.1	837	2.0	△~△×	10.1	5.8
愛系硬18-16	2020	4/1	5/29	82	9.1	463	0.0	510	136	41.6	833	5.0	△~△○	9.4	5.0
	2021	4/2	5/29	77	9.9	602	0.0	495	93	33.9	808	4.8	△○	10.1	4.9
愛系硬19-11	2020	3/29	6/1	100	9.5	373	0.5	513	137	52.1	826	5.8	△	10.8	8.5
	2021	4/1	5/30	91	9.6	440	0.0	537	101	47.9	811	5.0	△~△×	10.2	7.1
愛系硬19-15	2020	4/7	5/30	89	8.9	413	0.3	393	105	47.6	818	5.3	△	12.4	8.0
	2021	4/4	5/30	83	9.3	518	2.8	458	86	40.8	809	5.5	△~△×	11.2	6.3
愛系硬19-16	2020	3/28	6/1	85	8.2	513	0.3	492	132	39.7	852	5.5	△○~△	11.2	6.3
	2021	3/31	5/29	83	9.3	518	0.5	520	98	35.5	839	3.3	△	10.2	5.7
愛系硬20-8	2021	4/3	5/30	94	8.7	440	1.5	519	98	39.8	837	3.0	△	10.4	6.1
愛系硬20-9	2021	4/4	6/2	84	8.7	493	0.5	404	76	30.9	818	5.5	△	11.4	6.8
愛系硬20-10	2021	4/4	5/31	99	11.6	393	1.5	476	90	43.3	847	3.0	×	11.7	8.3
(参)きぬあかり	2020	3/29	5/29	88	9.9	433	0.0	489	131	42.1	816	2.8	○	7.9	-
	2021	3/30	5/28	83	10.2	409	0.0	461	87	38.2	797	3.5	△	8.1	-
(対)ゆめあかり	2020	4/3	5/29	89	10.3	438	0.0	374	100	41.4	846	3.0	○△	12.8	8.9
	2021	4/2	5/30	86	10.8	502	0.5	531	100	36.7	857	3.0	○△	11.8	7.8

1) 2020産「愛系硬18-12」は生産力検定本試験(E1圃場)、その他系統は生産力検定予備試験(E2圃場)にて実施

2) 0(無)~5(甚)の6段階評価

3) 対ゆめあかり比

4) 1(上の上)~9(下の下)の9段階評価、2.0が1等上限、4.0が2等上限相当

5) ○~×の6段階評価○(良)、○△(やや良)、△○(すこし良)、△(中)、△×(やや不良)、×(不良)

引用文献

- 吉田朋史, 辻孝子, 藤井潔. コムギの耐湿性検定における湿害症状を指標とした収量性の推定. 日本作物学会講演会要旨集. 220(0), 156-157(2006)
- 愛知県農業総合試験場. コムギの節間伸長期以降の湿害症状を指標とする耐湿性簡易評価法. 平成20年度「関東東海北陸農業」研究成果情報. (2008)
http://www.naro.affrc.go.jp/org/narc/seika/kanto20/09/20_09_34.html (2022.5.31参照)

- 後藤紘志, 荒川みずほ, 伊藤晃. コムギの赤さび病抵抗性の検定法の開発. 愛知農総試研報. 52, 129-132(2020)
- 山下有希, 平岩確, 遠山孝通, 森崎耕平, 浅野智也, 黒野綾子, 伊藤真, 池田彰弘. 近赤外分光法による「きぬあかり」と「ゆめあかり」の原麦蛋白質含量の簡易測定. 愛知農総試研報. 50, 71-73(2018)
- J. W. Dick and J. S. Quick. A Modified Screening Test for Rapid Estimation of Gluten Strength in Early-Generation Durum Wheat Breeding Lines. Cereal Chemistry. 60(4), 315-318(1983)
- 間野吉郎, 小柳敦史. イネ科作物の耐湿性研究の現状と今後の展開方向. 日作紀. 78(4), 441-448(2009)