

V 耐冬性に対する選抜効果

Bruehlら¹⁸⁾が *Typhula idahoensis* と *Fusarium nivale* に最適の抵抗性遺伝子源であるとした、「C. I. 14106」、「P. I. 172582」、「P. I. 173438」などは、北海道においても *Typhula* spp.、*F. nivale* に最高の抵抗性を示すことが確認された。またソビエト品種「Valujevskaja」、「Lutescens 0329」および「Moscow 1」は北海道品種にない優れた耐凍性を有する。これらの抵抗性を道内品種に導入することによって、本来高い道内品種の耐冬性をさらにレベルを向上させることができると考えられる。そこでこれらの材料を用いていくつかの交雑実験を行い、抵抗性の導入と実用的草型の改良を試みた。その結果、*T. ishikariensis* 抵抗性をもち、かつ実際栽培に適した草型を備えた系統と、草型は劣るが、耐凍性と *T. ishikariensis* および耐凍性と *S. borealis* 抵抗性を兼備したいくつかの系統が育成された。以下はその実験結果である。

1. 雪腐黒色小粒菌核病抵抗性系統の選抜

材料および方法

1) 供試材料および選抜経過

1979年夏、北見農試において「P. I. 173438」／「ホロシリコムギ」／「北見42号」（のちに「チホクコムギ」）の交配を行い（交配番号、訓交1051）、1981年、F₂ 世代 3,000個体を栽植し、草型とうどんこ病について 221個体を選抜した。F₃ 世代（1982）221系統は折半して、一部を上川農試畑作科で耐雪性検定を行うとともに、北見農試で系統を育成した。土別における *Typhula* spp. の発生は少なかったが、訓子府における実用形質とあわせ 152系統を選抜した。ただし、各系統はそれぞれ10個体を混合採種した。F₄ 世代（1983）152系統はF₃ と同様に検定し、訓子府で72系統 317個体を選抜した。この材料はF₅ 世代（1984）で北海道農試へ送られ、ここで耐雪性検定を行い、主として *Typhula* spp. による被害度に基づいて55群91系統455個体を選抜された。F₆ 世代（1985）

は訓子府で91群364系統を栽植し *T. ishikariensis* B型の接種検定と実用形質の系統選抜を行った。

2) 北見農試における *T. ishikariensis* 抵抗性の検定方法

系統栽培直播法により1985年9月18日播種、1区1系統32個体、4反復（1系統群4系統）とし、「P. I. 173438」、「ホロシリコムギ」、「チホクコムギ」を比較品種とした。11月中旬にベフランとトップジンMを混合散布し、自然条件における *S. borealis* と *F. nivale* の発病を防除し、11月30日に *T. ishikariensis* B型菌核を接種した。菌核の培養、採集はBruehlらの大量培養法に準じ、約60日、7℃の恒温室内で培養し、菌核のみを洗い流して集め風乾後接種源として使用した。接種用量は 0.3 g/m² と 0.7 g/m² の2段階とし、1区の半分ずつにそれぞれ接種した。

実験結果

1) 雪腐黒色小粒菌核病生物型B型の接種検定

T. ishikariensis の多発により「チホクコムギ」はほぼ全株枯死の被害を受けた。分散分析の結果は系統群間の差異が著しく有意で（l.s.d. 5%水準で 8.3）、親品種間の「P. I. 173438」＜「ホロシリコムギ」＜「チホクコムギ」の関係が有意と認められた。系統群の平均被害度と群内系統間の変異係数を Fig. 9 に示した。

被害度の分布は「84-3」の60.3から「チホクコムギ」の86.0におよんだ。「チホクコムギ」並のものは8系統群と少なく、「P. I. 173438」と同程度のもものは63系統群と多かったが、「P. I. 173438」より有意に高い抵抗性のものは認められなかった。ただし「ホロシリコムギ」より有意に抵抗性のものが13系統群認められた。変異係数の分布は 0.7～19.1%におよんだが、過半数の系統群は「ホロシリコムギ」並またはそれ以下であった。「P. I. 173438」は被害度が小さく、その変異も小さかつ

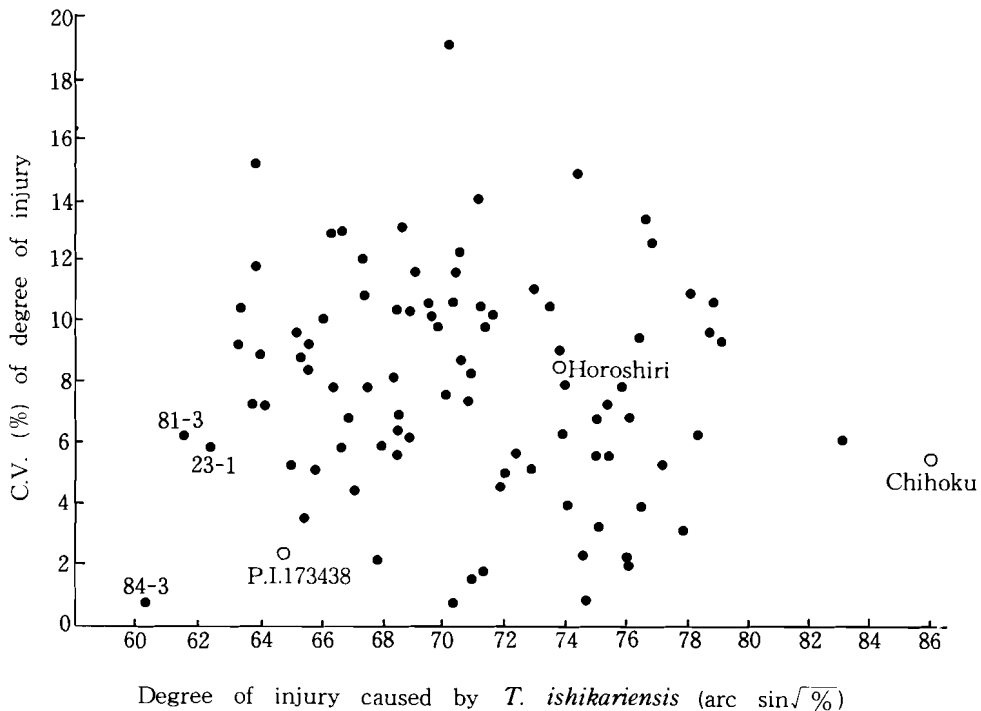


Fig. 9. Mean of line groups and C.V. between lines within their line group based on inoculation of biotype B of *T. ishikariensis* for degree of injury

たが、わずかながらこれに類似の系統群も見いだされた。これら13系統群の初期世代における耐雪性検定の評価と、系統育成中に発生した他の主要病害の発病率をTable 19に示した。過去3世代ともに最高の評価をえられたものはなかったが、逆に「ホロシリコムギ」以下の評価を受けたものは2系統群のみであった。F₅世代では1系統群おおよそ5系統を栽植し、この中から強系統を選抜したのであるが、系統間の評価の変動は13系統群中5系統でやや大きかった。しかし、系統選抜の結果F₆世代ではTable 19の標準偏差にみられるように「ホロシリコムギ」を上回るのは1系統のみで、「84-3」のように「P. I. 173438」を下回るものが見いだされた。したがって、これらの系統群は実用的にほぼ満足すべき *T. ishikariensis* 抵抗性をもつものと判断された。しかしながら、赤さび病とうどんこ病に対しては5系統群がきわめ

て弱かった。

2) 雪腐黒色小粒菌核病抵抗性系統の農学的特性

T. ishikariensis 抵抗性で選抜された13系統群の農学的形質での調査結果はTable 20のとおりである。いずれの系統群とも「P. I. 173438」の稈長よりも短く、強稈性も勝るが、「チホクコムギ」並の強稈性を示したものは「84-3」と「113-10」の2系統群のみであった。収穫指数ではいずれの系統群とも「P. I. 173438」より高いが、「チホクコムギ」並以上のものは3系統群のみであった。千粒重では「ホロシリコムギ」より大きい系統群は認められなかったが、なかで「20-1」と「84-3」は外見品質もすぐれ、粒の充実が良かった。外見品質では、「チホクコムギ」並にすぐれるものは2系統群と少なかったが、「ホロシリコムギ」並以上はさらに6系統群認められた。

Table 19. Line groups resistant to *T. ishikariensis* and their evaluation in early generation.

No. of line group	Degree of injury caused by <i>T. ishikariensis</i>		Evaluation for snow endurance			Leaf rust disease (%)	Powdery mildew disease index
	$\bar{x}$	s	F ₃	F ₄	F ₅		
1051-20-1(WH 7)	64.0	5.7	△	△	○	0	3
" -20-5	63.8	4.6		○	○		
" -33-1	62.3	4.6	◎	○	○	0	1
" -34-9	65.0	3.4	◎	○	◎	3	4
" -65-6	63.8	9.6	○	○	○	20	2
" -81-3(WH 8)	61.5	3.9	◎		○	10	4
" -81-7	65.0	6.3		△	◎		
" -83-6	63.3	5.9	△	△	◎	0	2
" -84-3(WH 9)	60.3	0.5	△	◎	○	5	2
" -85-4	63.3	6.6	◎	○	○	60	1
" -88-10	74.0	4.7	○	◎	◎	20	2
" -113-10(WH 10)	63.8	7.5	△	◎	◎		
" -166-8	65.3	5.7	○	◎	◎	60	2
P. I. 173438	64.8	1.5	◎	○	◎	60	4
Horoshiri	73.8	8.5	○	×	○	20	1
Chihoku	86.0	5.4	×		△	0	3

Note : ◎, resistant; ○, moderately tolerant; △, intermediate; ×, susceptible.

Development of leaf rust and powdery mildew were observed in F₄ line building nursery at Kunneppu.

Table 20. Agronomic characteristics of lines selected for resistance to *T. ishikariensis*.

No. of line group	Culm length (cm)	Ear length (cm)	No. of tillers	Harvest index	1,000 kernel weight (%)	Seed appearance (g)	Culm stiffness
1051-20-1 (WH 7)	88	9.3	17	38	39.2	3	5
" -20-5	86	9.0	21	36	40.2	1	4
" -23-1	91	9.0	11	29	33.1	4	4
" -34-9	80	8.9	21	30	30.3	3	3
" -65-6	82	9.3	19	25	31.2	4	5
" -81-3(WH 8)	75	8.4	17	29	34.1	2	4
" -81-7	70	7.3	20	27	30.9	3	5
" -83-6	84	9.8	17	26	28.5	5	3
" -84-3(WH 9)	71	9.3	13	30	39.6	1	6
" -85-4	81	8.9	14	34	32.0	3	4
" -88-10	86	9.8	14	24	25.0	6	5
" -113-10(WH10)	80	11.2	14	29	35.9	2	6
" -166-8	73	10.0	10	24	33.2	4	5
P. I. 173438	102	10.3	9	15	30.3	7	1
Horoshiri	82	10.4	17	29	41.6	3	6
Chihoku	83	7.8	13	32	33.3	1	6

Note : Seed appearance was ranked 1, good; to 7, bad.

Culm stiffness was ranked 1, very weak; to 6, very strong.

以上の結果、強稈性が2以上、千粒重が「チホクコムギ」以上、収穫指数が「ホロシリコムギ」以上の比較的すぐれた農学的特性を有する系統群は「20-1」、「81-3」、「84-3」、「113-10」の4系統群で、それぞれ「WH 7, 8, 9, 10」の系統名を付した。

2. 耐凍性と雪腐黒色小粒菌核病抵抗性系統の選抜

道東の土壌凍結地帯でも凍害によって全株凍死することは極めて稀であるが、*S. borealis* が何らかの凍害を受けた根雪直後の植物体を侵害し、また病原性の最も強い *T. ishikariensis* のB型が分布するので、この地帯の秋播小麦の安全な越冬のためには、我が国で最も強い耐凍性を必要とするとともに、各種の雪腐病に対する抵抗性を合わせ持っていなければならない。そこで、道内品種「ホロシリコムギ」に耐凍性と *T. ishikariensis* 抵抗性を賦与する目的で交配実験を行った。

材料および方法

1) 供試材料と選抜経過

これまでの知見から、耐凍性の優れる

「Valujevskaja」と *Typhula* spp. ならびに *F. nivale* に抵抗性の「P. I. 173438」のそれぞれの遺伝子を「ホロシリコムギ」に導入するため、1980年の夏、次の複交配を行った。

交配番号：訓交1050、「ホロシリコムギ」／「P. I. 173438」／「Valujevskaja」／「ホロシリコムギ」、F₂ 世代 (1981) は上川農試畑作科で4,000個体栽植し、このうち20%は *T. incarnata* によって枯死し、生存個体から集団採種した。F₃ 世代 (1982) も同地で同様の規模で栽植した。主として *Fusarium nivale* によって15%が枯死し、生存個体について集団採種した。F₄ 世代 (1983) は北見農試 (訓子府町) で3,000個体を栽植したが、ほとんど枯死する個体がなく、多少強稈性と外見品質を考慮して、ほとんどランダムに984個体をとった。F₅ 世代 (1984) は北見農試で耐凍性と *T. ishikariensis* の検定を行い、強系統を

選抜した。

2) 耐凍性の検定方法

苗箱に栽培して地表露出法によって検定した。苗箱 (40×35×7 cm) は下図のように、

比較	系 統						比較
1	2	3	4	5	6		
●	○	○	○	○	○	○	●
ホ	○	○	○	○	○	○	バ
ロ	○	○	○	○	○	○	ル
シ	○	○	○	○	○	○	ジェ
リ	○	○	○	○	○	○	フ
コ	○	○	○	○	○	○	ス
ム	○	○	○	○	○	○	カ
ギ	○	○	○	○	○	○	ヤ

1箱あたり2品種6系統、各8個体を1984年9月25日播種、12月23日、-19.9℃、12月26日、-22.0℃に処理して、温室で再生させ、各苗箱の

「Valujevskaja」、「ホロシリコムギ」の被害度を基準として、1～7の7段階で強弱を判定した。平均的には「Valujevskaja」：1～2、「ホロシリコムギ」：5にランクされるが、被害度は苗箱によって異なるため補正を行った。

3) 雪腐黒色小粒菌核病抵抗性の検定方法

系統栽培直播法により1985年9月18日播種、1系統32個体、標準品種として「P. I. 173438」と「ホロシリコムギ」を10区設けた。雪腐病の自然発病を防ぐため11月中旬ベフランとトップジンMを混合散布し、11月30日に *T. ishikariensis* のB型菌核を接種した。融雪後各系統ごとに被害度を算出し、これを1～7の7段階で評価した。

実験結果

1) 耐凍性系統の選抜

157個の苗箱にそれぞれ配置した標準品種の被害度 (%) は次の通りである。

「Valujevskaja」：42.5±17.2、「ホロシリコムギ」：82.3±16.8。

両品種の間には顕著な有意差が認められた。こ

れらを基準とした各系統の耐凍性の頻度分布をFig. 10に示した。ほとんどの系統は「Valujevskaja」と「ホロシリコムギ」の中間に分布し、「Valujevskaja」並と考えられるのは91系統、全体の10%程度と少なかった。さらに「ホロシリコムギ」と類似の草型を示すものは5%であった。

2) 雪腐黒色小粒菌核病抵抗性系統の選抜

10区に配置した標準品種の被害度(%)は次の通りである。

「P. I. 173438」: 78.7 ± 5.8 、「ホロシリコムギ」: 85.3 ± 6.5 。

両品種の間には5%水準で有意差が認められた。各系統の *T. ishikariensis* 抵抗性の頻度分布はFig. 10のように、過半数の系統が「ホロシリコムギ」より弱かった。このことは親品種「Valujevskaja」がきわめて罹病性であることに基づいている。

「P. I. 173438」並の抵抗性を示したものは、76系統で全体の8%に相当した。これらのうち「ホロシリコムギ」と類似の草型を示すものは5%であった。

3) 耐凍性と雪腐黒色小粒菌核病抵抗性系統の同時選抜

Table 21に耐凍性と *T. ishikariensis* 抵抗性系

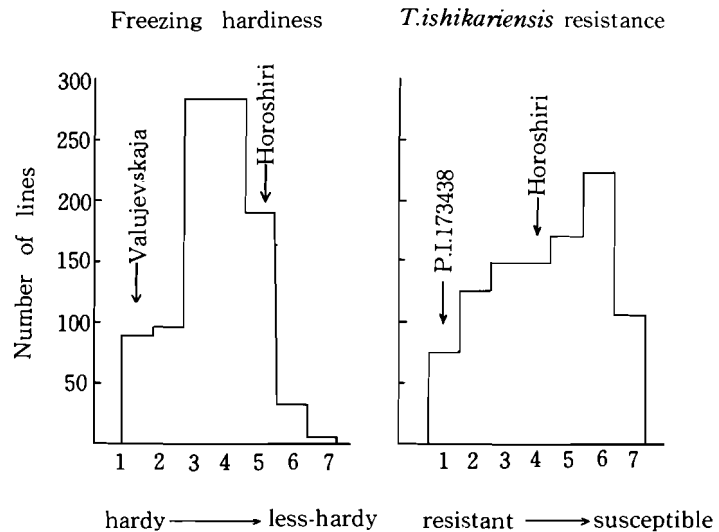


Fig. 10. Frequency distributions of 980 lines for freezing hardiness and resistance to *T. ishikariensis*

Table 21. Frequency distribution of 980 lines for freezing hardiness and resistance to *T. ishikariensis*.

		Freezing hardiness (hardy — less-hardy)							Total
		1	2	3	4	5	6	7	
<i>T. ishikariensis</i> resistance (resistant — susceptible)	7	10	10	26	33	21	3	1	104
	6	20	21	59	56	53	11		220
	5	16	12	48	54	30	8		168
	4	12	18	40	41	22	3	1	145
	3	15	18	52	33	22	3	1	144
	2	12	10	33	41	24	3		123
	1	6	7	26	18	17	2		76
Total		91	96	284	284	189	33	3	980

統の相関表を示した。大部分の系統は「ホロシリコムギ」と同程度ないしはそれより劣り、「ホロシリコムギ」に優ると思われるのは 179系統、18%であった。「Valujevskaja」並の耐凍性で「P. I. 173438」並の *T. ishikariensis* 抵抗性を示したのは僅か6系統に過ぎなかった。全系統に対する出現頻度は0.6%ときわめて低かった。

4) 耐凍性・雪腐黒色小粒菌核病抵抗性系統の農学的特性

Table 21で耐凍性と *T. ishikariensis* 抵抗性のランクが両方とも1か、片方が2の25系統のうち、圃場で廃棄したものを除く22系統の農学的特性を

Table 22に示した。稈長は「Valujevskaja」と「P. I. 173438」の影響が強く、100cm以上のものがほとんどであり、「ホロシリコムギ」並の系統は1系統であった。しかも強稈性で「ホロシリコムギ」並のものはなく、それに次ぐランクのものが僅か3系統認められただけであった。収穫指数では、いずれの系統とも「ホロシリコムギ」に近く、さらに「ホロシリコムギ」以上のものも7系統認められた。千粒重では、ほぼ親の値の間に広く分布しており、35g以上の系統も約半数認められた。外見品質では、「P. I. 173438」並の極めて劣るものはなく、いずれの系統とも「ホロシリコムギ」に近いか並以上で、「ホロシリコムギ」

Table 22. Agronomic characteristics of selected lines resistant to freezing and *T. ishikariensis*.

No. of line group	Freezing hardiness	<i>Typhula</i> <i>ishikariensis</i>	Culm length (cm)	Ear length (cm)	No. of ears	Harvest index (%)	1,000 kernel weight (g)	Seed appear- ance	Culm stiffness
1050-15 (WH 1)	1	2	110	11.8	13	32	38.7	2	5
1050-42 (WH 2)	1	2	82	10.4	11	29	39.4	2	5
1050-54 (WH 3)	1	1	114	10.9	11	29	40.5	1	4
1050-87 (WH 4)	1	2	96	11.7	18	31	38.4	2	4
1050-110	1	1	124	10.3	12	24	31.7	4	3
1050-116	1	1	107	9.9	15	27	29.9	4	3
1050-117	1	1	108	12.3	17	27	33.5	4	2
1050-125	1	2	110	11.3	21	29	32.8	4	3
1050-248	1	1	115	10.2	18	26	32.6	2	3
1050-302	2	1	115	10.9	17	28	31.5	3	3
1050-351	1	2	113	11.6	14	29	39.6	1	4
1050-380	2	1	112	11.8	18	26	30.7	2	4
1050-387	2	1	119	11.5	23	27	33.1	2	4
1050-447	1	2	90	8.8	14	30	35.9	4	5
1050-539 (WH 5)	2	1	108	10.6	14	29	39.0	1	4
1050-559 (WH 6)	1	1	104	10.5	15	28	36.0	4	4
1050-573	1	2	118	11.0	20	26	33.7	3	4
1050-646	2	1	109	11.7	13	23	30.5	4	4
1050-687	1	2	103	11.4	18	27	31.7	4	3
1050-730	1	2	110	10.8	18	26	36.1	2	4
1050-890	1	2	104	11.4	11	28	35.7	2	3
1050-913	1	2	106	11.8	21	28	32.5	3	3
Horoshiri	5	4	81	9.7	17	29	41.6	3	6
P. I. 173438	7	1	102	10.3	9	15	30.3	7	1
Valujevskaja	1	6	131	13.2	14	19	32.3	5	2

Note: Seed appearance was ranked: 1—good; and 7—bad.

Culm stiffness was ranked: 1—very weak; and 6—very strong.

より優るものが11系統認められた。

以上の結果、耐凍性と *T. ishkariensis* 抵抗性を備えているもので、「ホロシリコムギ」並の農学的特性を兼ね備えた系統はなかった。とくに稈長が長すぎるものが多く、そのため強稈性が大きく劣った。しかし「Valujevskaja」や「P. I. 173438」に比較すると強稈性、収穫指数および外見品質のいずれの形質においても改良されたものが認められ、耐凍性と *T. ishkariensis* 抵抗性のランクが1の系統では「54(WH 3)」、「559(WH 6)」、さらに抵抗性のランクが一つ劣るものとして「15(WH 1)」、「42(WH 2)」、「87(WH 4)」、「539(WH5)」の合計6系統が比較的優れた農学的特性を有すると見られた。

3. 耐凍性、雪腐大粒菌核病抵抗性および雪腐小粒菌核病抵抗性系統の選抜

第1章の代表的25品種では、耐凍性と *S. borealis* 抵抗性との間に正の、耐凍性と *Typhula* spp.

の間には負の、また *S. borealis* と *Typhula* spp. 抵抗性との間にも負の関連が認められたが、各抵抗性の遺伝力はかなり高く推定されているので、これら3種の抵抗性の結合を図るべく、2世代にわたって、同時選抜を試みた。ここでは交配親として用いられた耐凍性の「Moscow 1」および *Typhula* spp. 抵抗性の「C. I. 14106」に代わり得る抵抗性系統の選抜を最小条件の目標とした。

材料および方法

1) 供試材料と育成経過

1977年の夏、北見農試で次の3組み合わせの交配を行った。

交雑1：「Moscow 1」／「ホロシリコムギ」

交雑2：「ムカコムギ」／「ホロシリコムギ」

交雑3：「C. I. 14106」／「ホロシリコムギ」

F₂、F₃世代は集団養成、F₄世代で各組み合わせ1,000個体を栽植し、それぞれ184、161、177個体を任意にとった。F₅世代以降、系統育成とともに次の検定試験を平行させた。

表 各検定試験の材料と方法

形 質	場 所	世 代	系統数	個体数／区	反復
耐 凍 性	北見農試 (訓子府)	F (1982)	522	24	2
<i>S. borealis</i>	"	F ₆ (1982)	522	24	3
"	"	F ₇ (1984)	522	24	1
<i>Typhula</i> spp.	上川農試 (士別)	F ₅ (1981)	522	33	3
"	中央農試 (岩見沢)	F ₆ (1982)	522	33	2

2) 耐凍性の検定方法

電気伝導度 (E.C.) 法によって検定した。1982年11月10～17日に大粒菌核病検定ほ場の各区より、それぞれ1gの新鮮な茎葉を採取し、-15℃で13時間凍結処理した。処理したサンプルを融解後、脱イオン水40ml中に浸漬し、5℃の恒温槽で24時間電解質を溶出させ、その抽出液のE.C.値 ($\mu v/cm/g$) を電気伝導度計で測定した。

3) 雪腐大粒菌核病の検定方法

系統栽培直播法によるも高畦栽培として、兩年ともに9月18日播種、雪腐病の防除は行わなかつ

た。

4) 雪腐小粒菌核病の検定方法

普通栽培直播法により士別、岩見沢ともに9月20日播種、1区0.3m²、播種量は100粒/m²の薄播き、雪腐病無防除。個体ごとに指数0～4（完全枯死）を与え被害度を算出した。

5) 強稈性の測定

F₇世代 (1984) の系統育成ほ場においてスナッフ法により強稈度 (1：弱～6：強) を判定した。

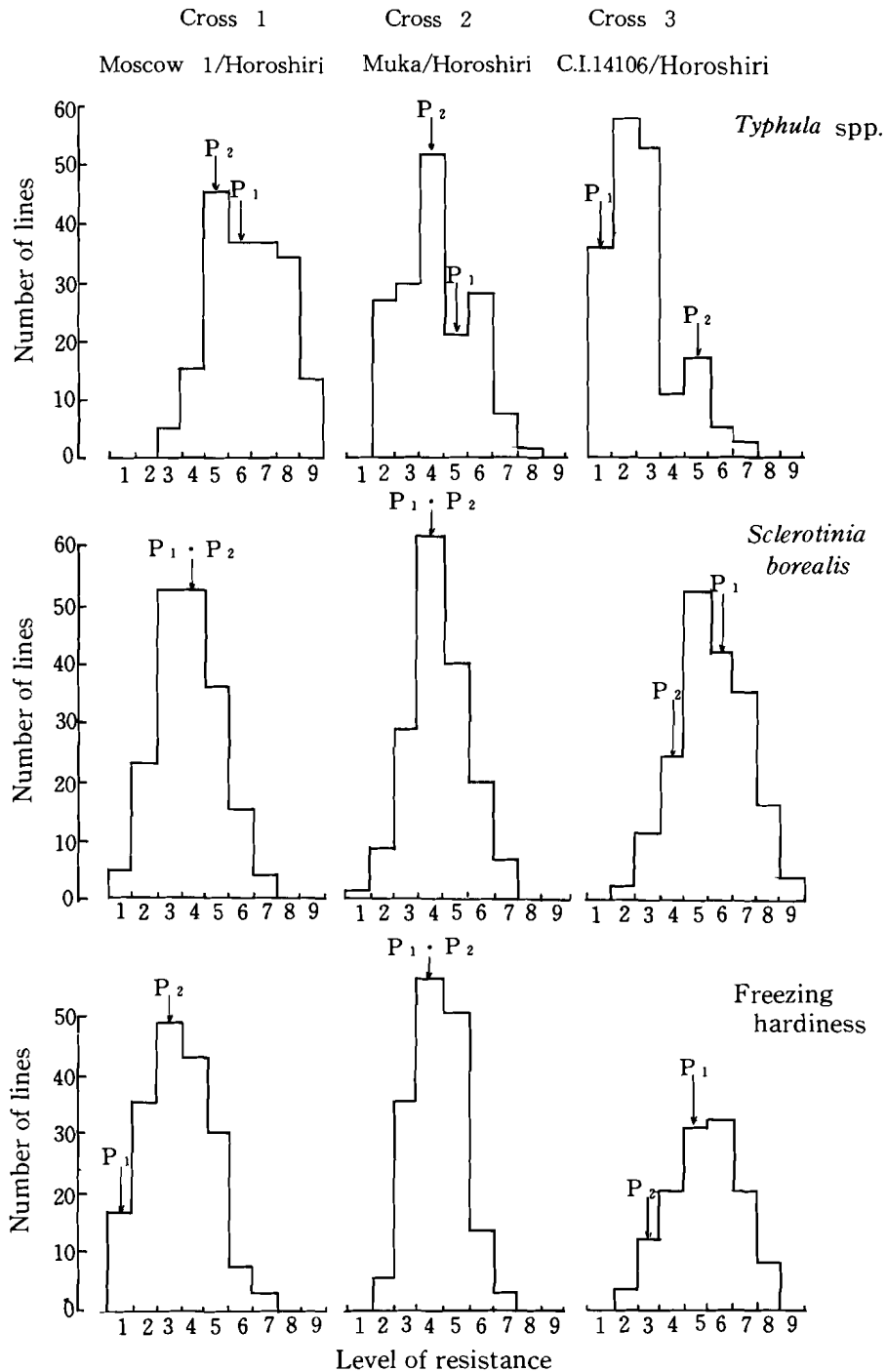


Fig. 11. Frequency distributions of lines for resistance to *Typhula* spp., *Sclerotinia borealis* and freezing hardness.

Note : 1(resistant)—9(susceptible) were classified based on degree of injury caused by snow molds and E. C. value.

実 験 結 果

2反復のE.C.値と、2カ年の *S. borealis*、2

場所の *Typhula* spp.、それぞれの被害度について分散分析を行ったところ、系統間および交雑間には高い有意性が認められ、各交雑の平均値では次の関係が有意となった。

表. 組み合わせ間の被害度の比較

E.C.値	:	交雑3 (497) > 交雑2 (438) > 交雑1 (393)
<i>S. borealis</i> 被害度	:	交雑3 (62) > 交雑2 (48) > 交雑1 (43)
<i>Typhula</i> spp. 被害度	:	交雑1 (68) > 交雑2 (57) > 交雑3 (31)

各系統のE.C.値は 300～650 $\mu v/cm/g$ に分布し、雪腐病による被害度はいずれも10～90%と広く分布したので、これらをそれぞれ、1 (強)～9 (弱)の9段階に分類し、各階級に属する系統の頻度分布をFig. 11に示した。

Typhula spp.抵抗性の系統は交雑3で多数出現したが、交雑1および交雑2からは認められなかった。*S. borealis* 抵抗性の系統は各交雑から両親を上回るものが出現し、とくに交雑1からは最強ランクの5系統が見いだされた。耐凍性の系統は交雑1からは多数出現したが、交雑2および3では認められなかった。なお、各交雑はいずれも父本に「ホロシリコムギ」を用いているが、「ホ

ロシリコムギ」並の強稈性を示す系統は、交雑2では22系統と多かったが、交雑1では1系統にすぎず、交雑3には認められなかった。

これら4形質相互の相関係数をTable 23に示した。相関係数はいずれも低いが、有意性は*S. borealis*と*Typhula* spp. (交雑1、3)、*S. borealis*と強稈性(交雑1、3)、および交雑2における*Typhula* spp.と強稈性ならびに耐凍性と強稈性の間に認められた。しかし、*S. borealis*と強稈性は交雑1で正、交雑3では負となった。したがって、いずれかの2形質が最強にランクされる系統もきわめて少なかった。

<交雑1> Fig. 11に見られるように、「Moscow 1」

Table 23. Correlation coefficients between characters

	<i>Typhula</i> spp.	Freezing hardiness	Culm stiffness
Cross 1 (Moscow 1/Horoshiri)			
<i>S. borealis</i>	0.190*	0.081	0.224*
<i>Typhula</i> spp.		0.138	0.155
Freezing hardiness			0.141
Cross 2 (Muka/Horoshiri)			
<i>S. borealis</i>	-0.001	-0.032	0.067
<i>Typhula</i> spp.		0.020	0.165*
Freezing hardiness			-0.174*
Cross 3 (C. I. 14106/Horoshiri)			
<i>S. borealis</i>	0.197*	-0.050	-0.291**
<i>Typhula</i> spp.		0.132	-0.088
Freezing hardiness			0.102

並の耐凍性を示す1ランクのものが17系統、そのうち *S. borealis* に対して1ランクのものはなく2ランクのものがわずか3系統認められた。逆に *S. borealis* に対して1ランクの5系統の中にも耐凍性の優れているものは2ランクの1系統のみであった。これら4系統のうち、「Moscow 1」に代わりうる系統は系統番号1(WH 11)、57(WH 12)の2系統である。

<交雑2> 道内品種同志の組合せであるから、両親を上回る超越型系統を求めると、*S. borealis* に対して1ランクが1系統、2ランクが8系統、耐凍性2ランクが5系統出現したが、*Typhula* spp. 抵抗性、強稈性を考慮すると、1系統(系統番号52)のみとなる。

<交雑3> 「C. I. 14106」並の*Typhula* spp.

抵抗性のものは35系統と多かったが、この中に「ホロシリコムギ」並の強稈性を示すものはなく、「ムカコムギ」並のものが4系統認められた。しかしこのうち2系統は *S. borealis* にきわめて弱く、中程度の2系統(系統番号11、176)は「C. I. 14106」に代わりうる *Typhula* spp. 抵抗性を示し、比較的短強稈であった。

以上5系統について抵抗性ランクを一括してTable 24に示した。交雑1-1(WH11)、57(WH12)は耐凍性と *S. borealis* 抵抗性として有用であり、交雑2-52(WH13)は「ホロシリコムギ」の草型で、各抵抗性はこれを上回る。交雑3-11(WH14) 176(WH15)は *Typhula* spp. 抵抗性に強稈性が加えられたことになる。

Table 24. Some desirable lines for resistance to snow molds, freezing hardiness and culm stiffness

Cross	No. of lines	Freezing hardiness	<i>S. borealis</i>	<i>Typhula</i> spp.	Culm stiffness
Cross 1	1 (WH 11)	1	2	3	3
	57 (WH12)	1	2	4	3
	Moscow 1	1	4	6	1
Cross 2	52 (WH 13)	2	2	3	6
	Muka	4	4	6	5
Cross 3	11 (WH 14)	7	5	1	5
	176 (WH 15)	6	5	1	5
	C. I. 14106	5	6	1	1
	Horoshiri	3	4	5	6

Note : Culm stiffness was ranked, 1, very weak; to 6, very strong.

4. 論 議

1) 雪腐黒色小粒菌核病抵抗性の選抜効果

Table 19にみられる抵抗性系統が作出された原因について考察すると、訓子府におけるF₂世代では冬枯れがなく、集団は長稈で稈の弱い個体が多く、またうどんこ病が多発したので、これらについての淘汰が強行われ、3,000個体から221個体が選抜された。結果的にはこれらの中に *Typhula* spp. 抵抗性の遺伝子が含まれていたことになる。

F₃世代の土別は例年より雪腐病の発生が軽微で、「P. I. 173438」、「ホロシリコムギ」および「チホクコムギ」の発病度はそれぞれ5.3、44.3、57.8%であったが、系統間差異は明瞭であった。訓子府での系統選抜は冬枯れが皆無のため、土別の評価に基づいて選抜され、その強度は69%ときわめてゆるかった (Fig. 12)。

F₄世代も土別の被害は軽微で、両親3品種の発病度はそれぞれ18.5、33.5、44.0%であった。

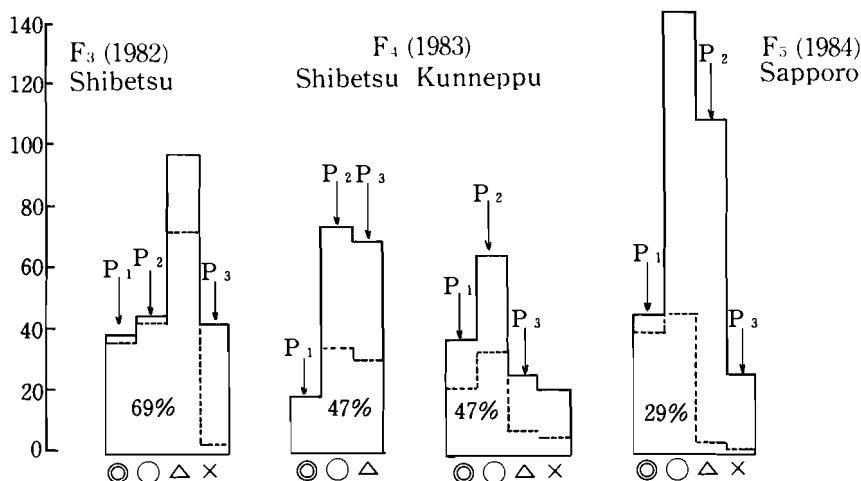


Fig. 12. Frequency distributions of planting lines and selected ones for resistance to *Typhula* spp. in early generation, and selection rate.

Note: P₁, P.I.173438 P₂, Horoshiri P₃, Chihoku.

□, planting lines; ▨, selected lines

◎, resistant; ○, moderately tolerant; △, intermediate

×, susceptible

訓子府の方は *F. nivale* が多発した。両地の評価を総合して選抜された72系統群についてみると、両地の被害度の間には $r = 0.274^*$ と弱いながら正の関係が認められた。この時の選抜強度は47%である。F₅世代の訓子府は、例年になく *S. borealis* の大発生によりほとんどが全滅した。同一材料を用いた札幌では、主として *T. ishikariensis* による被害が多く、系統間差異が明らかであったから、選抜強度29%とかなり強い選抜を行った。そしてF₆世代の *T. ishikariensis* の接種検定は、ほぼ「チホクコムギ」が全株枯死するほどの厳しい条件が与えられた。つまり *Typhula* spp. ないし *F. nivale* による淘汰圧が、初期世代には弱かったが、その後世代とともに強まる過程で、これらの抵抗性に関与する遺伝子が稈長、稈質等に関与する遺伝子との間に有利な組み換えが行われてきたものと考えられる。

最近、人工処理の助長をはかるため、積雪期間の延長つまり根雪の早いことを想定して、11月初めから寒冷紗を2重被覆して遮光する方法が検討されている。また *T. ishikariensis* の3種の生物

型のうち、B型およびC型はA型より被害が大きすぎるとい報告もある。Table 19の抵抗性系統は最終的に病原力の最も強い *T. ishikariensis*; B型の接種検定によって判定されたが、一般的に *T. incarnata*, *T. ishikariensis* および *F. nivale* の抵抗性の間には密接な関係があり、*T. idahoensis* と *F. nivale* の関係も密接である。

Bruehl ら¹⁴⁾ によって育成された *Typhula* spp. 抵抗性の半矮性品種「Sprague」は「P. I. 181268」と「Gaines」の交雑に由来し、F₂ 個体はワシントン州ダグラスで *Typhula* spp. の甚だしい感染にさらされ、その中から有望な個体が発見されたものであるが、*T. ishikariensis* 抵抗性は中庸であった。これらのことを考えると、本実験によってえられた抵抗性系統は、*Typhula* spp. 抵抗性に対する最良の遺伝子源になりうる有用な母材と思われる。

なお、選抜実験2においても「P. I. 173438」と同程度の抵抗性系統が11系統見いだされており (Table 22)、同様に選抜実験3からも2系統がえられている (Table 24)。ただし、これらの系

統は実用形質とくに強稈性がやや劣っている。このため、Table 20の「WH 7」、「WH 9」「WH 10」の3系統は「ホロシリコムギ」ないし「チホコムギ」型の *T. ishikariensis* 抵抗性系統とすることができる。収量、品質ならびに栽培特性については、さらに今後の研究を要する。

2) 耐凍性の選抜効果

地表露出法による選抜実験2から980系統中91系統、またE.C.法による選抜実験3から184系統中17系統の抵抗性系統が見いだされ、その出現頻度はいずれも9.2%であった。これらは耐凍性強品種「Valujevskaja」ならびに「Moscow 1」を抵抗性母本としたものである。先に楠・長内⁸¹⁾は雑種集団(「農林8号」/「U11」)の初期世代で、地表露出法により集団選抜を繰り返して耐凍性の集団構成を高め、「農林8号」より耐凍性の強い3系統をえている(出現率6%)。また1回でも集団選抜を行った集団は過半数が「農林8号」程度の耐凍性を示した。「農林8号」と「Valujevskaja」および「Moscow 1」では耐凍性のランクが異なること(Table 2)を考えると、選抜実験2および3での出現率が約10%に近いことは、きわめて効果的であったと思われる。耐凍性は多くの遺伝子に関与する量的形質とする見方が支配的であるが

(Levitt, 1980, Stushnoffら, 1984), Marshall and Kolb³⁰⁾のエンバクにおける実験のように、実験精度をたかめた一定の環境と生育の条件下では、遺伝的特性がきわめて明瞭に現れ、単因子支配に近い様相を示す。しかし、2つの選抜実験から

「Valujevskaja」および「Moscow 1」以上の超越型系統は認められなかった。なお、長い間

「Lutescens0329」や「Minhardi」にまさる耐凍性品種は得られていないが、最近Fowler and Gust³⁸⁾はソビエトの「Alabaskaja」と「Uljanovkia」の2品種が「Minhardi」にまさることを示した。彼らの提案したField Survival Index (FSI)による検定結果であるが、これらの品種は耐凍性母本として興味があり、今後活用を図りたいと考えている。

古くDexter²⁶⁾らが提唱した電気伝導度(E.C.)法を実際の選抜に適用するに当たって、2~3の予備実験を行った。訓子府で11月中旬まで低温順化された秋播小麦の品種中、耐凍性の弱いものは-11.5℃から凍結被害が現れ、-18℃以下になると強品種にも被害が増大した。最適は-15℃で

(Fig. 13)、サンプル量は0.5~2.0gで十分に検定することができた。またTable 2の25品種を用いた冠部凍結法とE.C.法のあいだには $r = 0.768^{***}$ 、「ホロシリコムギ」/「P.I.

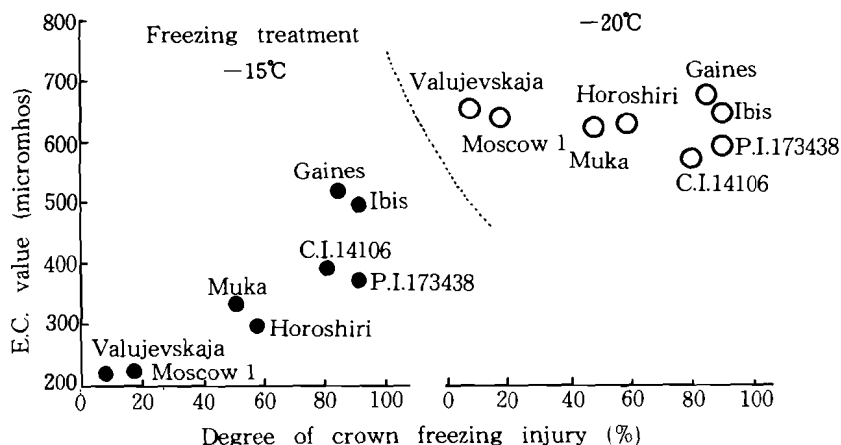


Fig. 13. Relation between E.C. value under freezing treatment at -15°C and -20°C and degree of crown freezing injury

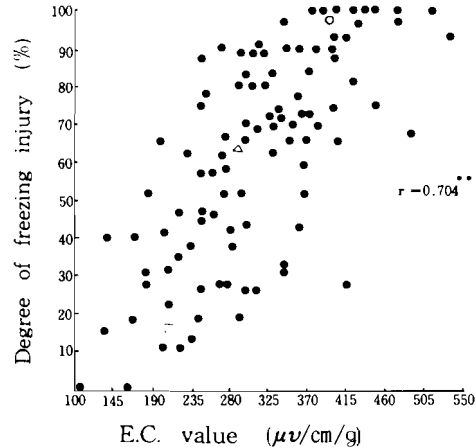


Fig. 14. Relation between degree of injury of crown freezing and E.C. value in 100 plants of F_3 , Horoshiri / P. I. 173438 // Valujevskaja / Horoshiri.

Note : E.C. Value of control varieties are as follows;

△ Horoshiri, 285 ± 39 ; □ Valujevskaja, 208 ± 23 ; ○ P. I. 173438, 394 ± 25 .

173438」／「Valujevskaja」／「ホロシリコムギ」の F_3 、100個体では $r = 0.704^{***}$ といずれも有意に高い相関が認められた (Fig. 14)。

ところが Fig. 13、14にみられるように、*Typhula* spp. 抵抗性の「P. I. 173438」および「C. I. 14106」は冠部凍結の被害度に比べ E.C. 値が低かった。このことは、これらの品種の細胞質における電解質の流出量が少ないことを意味する。進藤・望月¹⁵²⁾はペレニアルライグラスで E.C. の電解質の主体が K_2O と MgO によるとしている。また、 $-22^\circ C$ 凍結させた場合の E.C. 値と、秋季における体内成分との相関係数は、 K_2O : 0.788^{**} 、 P_2O_5 : 0.709^* 、 SiO_2 : 0.407 ($n=11$) となつてカリとリン酸が強く関係している。こうした特性が「P. I. 173438」、「C. I. 14106」の *Typhula* 抵抗性と何らかの関係があるかもしれない。したがって、品種・系統によっては E.C. 値の測定のみでは抵抗性を過大に評価する恐れはあるが、おおまかな耐凍性の評価や多数材料のスクリーニングには十分役立つものと思われる。

3) 雪腐大粒菌核病抵抗性の選抜効果

Fig. 11からも明らかなように、供試された3交

雑の親品種、「Moscow 1」、「ホロシリコムギ」および「ムカコムギ」の *S. borealis* 抵抗性はよく類似しており、Table 2 ではいずれも「ab」グループに属した。もう1つの親品種「C. I. 14106」は最弱の「de」グループであった。各系統の頻度分布は3交雑ともに中間親をモードとする連続分布をしめすことから、強弱両方向に超越型系統を分離したことになる。また、 F_6 の F_7 に対する親子相関による *S. borealis* 抵抗性の遺伝力は、交雑1、2、3それぞれ17、14、11%ときわめて低く推定された。

また、交雑1と交雑2は平均被害度に有意差はないが、強系統の出現頻度は明らかに交雑1の方が高い (Fig. 11)。このことは「Moscow 1」と「ムカコムギ」の差に基づく。実験3でえられた交雑1—1 (WH11)、同—57 (WH12) の2系統は中間母本として利用できる。

4) 耐凍性要因の組み合わせ

(1) 耐凍性と雪腐黒色小粒菌核病B型抵抗性

既にのべられてきたように、耐凍性と *Typhula* spp. 抵抗性との間には負の関係が認められる。しかし、*T. ishikariensis* に3種類の生物型が発見され、

このうちB型は寡雪地帯に分布して病原力が強く、耐凍性の高い小麦がこれに侵されることから (Matsumoto⁹⁷⁾ら、松本⁹⁹⁾、土壌が凍結する寡雪地帯では、この生物型Bに対する抵抗性品種の必要性とともに、*Typhula* spp. 抵抗性と耐凍性との関係も見直されねばならなくなった。

Table 21では、耐凍性と *T. ishikariensis* B型抵抗性との関係が全く認められなかった ($r = 0.014$)。したがって、この場合に、耐凍性1ランクの最強系統の中から *T. ishikariensis* B型抵抗性の6系統 (出現率 0.6%) が見いだされた。ここで耐凍性系統 (1ランク) の出現率は 9.3%、*T. ishikariensis* B型抵抗性 (1ランク) の出現率は 7.8%と比較的高率であるが、これらの抵抗性を結びつけるためには、1,000系統規模の検定が必要である。

(2) 耐凍性と雪腐大粒菌核病抵抗性

第II章のダイアレルクロスで推定された高い遺伝相関(0.520) から、耐凍性と *S. borealis* 抵抗性を結びつけることは比較的容易なものと考えら

れたが、選抜実験3の「Moscow 1」/「ホロシリコムギ」の組合せから2系統 (出現率 1.1%) をえたに止どまった。この原因は上述のように *S. borealis* 抵抗性系統の出現が少なかったことに基づく。この組合せでは耐凍性系統が17系統あり、そのうち2系統が *S. borealis* 抵抗性を示したので、耐凍性系統から *S. borealis* 抵抗性のえられた割合は 12.7%である。これに対し耐凍性系統から *T. ishikariensis* B型抵抗性系統のえられた割合は 6.6%にすぎない。したがって、耐凍性と *S. borealis* 抵抗性の結びつけは比較的容易と考えられる。ただし、ソビエトの耐凍性品種は *S. borealis* に強い抵抗性を示さない傾向があるので、アメリカ、カナダの耐凍性品種ならびに道内既存の *S. borealis* 抵抗性の系統について大規模な交雑実験と選抜を行う必要がある。

以上、3つの選抜実験でえられた耐凍性各要因に対する抵抗性系統の出現率を一括すると次表のようになる。

表. 抵抗性系統の出現率

耐凍性の要因	実験 番号	世代	組 合 せ	抵抗性 系統数	供 試 系統数	比 率 %
<i>Typhula</i> spp.	3	F ₇	C. I. 14106/ホロシリ	35	177	19.8
<i>T. ishikariensis</i> B型	1	F ₆	P. I. /ホロ//北見42号	63	364	17.3
〃	2	F ₅	ホロ/P. I. //Valu/ホロ	76	980	7.8
〃	IV章	F ₄	P. I. 173438//チホク	23	188	12.2
計				197	1709	11.5
<i>S. borealis</i>	3	F ₇	Moscow 1/ホロシリ	5	184	2.7
〃	3	F ₇	ホロシリ/ムカ	1	161	0.6
計				6	345	1.7
耐 凍 性	3	F ₇	Moscow 1/ホロシリ	17	184	9.2
〃	2	F ₅	ホロ/P. I. //Valu/ホロ	91	980	9.3
〃	IV章	F ₄	Valu/チホク	19	134	14.2
計				127	1298	9.8
耐凍性と <i>T. ishikariensis</i>	2	F ₅	ホロ/P. I. //Valu/ホロ	6	980	0.6
耐凍性と <i>S. borealis</i>	3	F ₇	Moscow 1/ホロシリ	2	184	1.1

総 合 論 議

現代の品種はよく制御された実際栽培にはよく適合し、栽培特性の改良は著しいものがありながら、低温のような人為的に制御できない環境要因に対しては、これによく耐えたり抵抗性を示したりはしていない。従来より耐冬性育種に対して、不十分な検定技術でありながら、選抜を繰り返すことによって耐冬性の水準を一定程度保ち、北海道でも秋播小麦の品種が更新されてきた。¹³¹⁾ 同様にしてアメリカ合衆国では多数の品種が育成されてきた。^{82, 139)} そして、これらのほとんどすべては他の重要特性の改善によるものであった。⁹¹⁾ すでに Vavilov (1935)¹⁷⁵⁾ が指摘したように、耐冬性に関して超越型品種の出現は長い間見られていない。

この間、耐凍性機構の解析は物理、生理、生化学の面で大いに進歩し、Vasilyev¹²⁹⁾ によれば1960年までに耐凍性に関する農業関係の論文は1,127編を記録する。また Olien¹³⁰⁾ は植物の耐冬性に関する世界の文献は5,000にのぼると推定している。最近、これらの知見がムギ類の耐冬性育種に役立てられないのは、効果的な選抜方法の欠如と遺伝的多様性の不足に基づくことが Grafius (1974, 1981)^{16), 47)}、Marshall 等 (1981)⁹¹⁾ および Marshall (1982)⁹⁵⁾ によって論議され、新しい育種法が計画されている。耐冬性の主体が耐凍性におかれている地帯を背景としてのことである。

これに対し、北海道の寡雪地帯で要求される耐

凍性の程度は、必ずしも世界のトップレベルの超越型を必須条件とするものとは思われないが、*S. borealis* の侵入経路が凍害葉であることを考えると、耐凍性は相当に強い水準のものが必要となる。さらに、各種の雪腐病抵抗性を耐冬性の主たる要因とするわれわれの育種は一層複雑となるが、これらの要因に対する抵抗性を蓄積することで耐冬性の強化に寄与できると考えるわけである。

雪腐病菌がいわゆる雪害の主因であることは、我が国の研究者によって明らかにされたが、その後、雪腐病抵抗性の選抜や育種に見るべきものはなかった。国井の研究の一部や *Typhula* spp. 抵抗性に関する本研究のほとんどは、Bruehl らの研究と彼らの発見した抵抗性品種に基づいている。*S. borealis* 抵抗性については、この菌の局在性のため先に楠らおよび楠・長内によって進められた以外には見当たらない。

本章では耐冬性育種のための基礎となる検定方法、遺伝的行動と多用途性について総合的に論議し、今後の育種計画を展望することにする。

1. 耐冬性の検定方法

本研究で検討した6つの検定方法について、それぞれの特徴を整理すると次表のようになる。

Bruehl による接種菌の大量培養法と苗箱を用いた接種法はきわめて有効で、*Typhula* spp. のほか

表. 検定方法の特徴

方 法	対 象 要 因	精 度	育種への利用 検定 選抜		設 定 条 件
苗箱・低温室接種 (Bruehl ら)	<i>Typhula</i> spp.	良	○	△	低温室のスペース
"	<i>F. nivale</i>	良	○	△	"
"	<i>S. borealis</i>	失敗			
菌核ほ場散布	<i>T. ishikariensis</i>	ヤ良	○	○	土壤凍結地帯で可能
菌胞子散布	<i>S. borealis</i>	ヤ良	○	○	高畦、低濃度防除併用
高畦栽培	<i>S. borealis</i>	ヤ良	○	○	晩播、無リン酸よりも有効
地表露出	耐凍性	ヤ良	○	○	ほ場、苗箱ともに大規模化を要す
冠部凍結		良	○	△	サンプリングに制約
E. C.		ヤ良	○		

注) ○：利用可能、△：不十分

F. nivale に対しても適用可能であった。これに対し、*T. ishikariensis* B型の培養法接種は大量検定が可能という有利性をもつが、ほ場条件による変動が苗箱接種に比較して大きい。また気象条件により被害のはげしい場合を考慮すると、低濃度の薬剤防除区を併用する必要がある。

これに関連してワシントン州立大学では、選抜強度を調節するために生存率と播種期の関係を利用している。また世代が進んだ材料では1区4畦、2カ所のほ場でそれぞれ4反復される。各区の4畦のうち1畦は菌核を10月に接種する。雪腐病のはげしい時は自然状態と差のないこともあるが、逆に接種区の罹病がはげしすぎることもある。こうした方法で2水準の被害度を各区からえているわけである。Bruehlは¹⁵⁾ 低温装置の場合小さな抵抗性の差を検知するには当てにならないとして、ほ場試験を信頼している。なお、最近百足ら¹⁵⁾ は接種検定と緑体春化を組み合わせ、*Typhula* spp. 抵抗性育種のため世代の促進をはかっている。以上の各地の結果からして最も価値の高い検定は既知の罹病性品種が個体の70~100%枯死するときとみられる。ただし、抵抗性は再生すなわち冠部の分裂組織からの新しい生長によって判断されるべきで、再生能力は耐冬性にとってきわめて重要であるから、融雪後の観察は被害度のみで止めるべきではない。最も有効な判定ができるのは、融雪後6週間目とされる。

S. borealis の検定は高畦栽培によった。この方法は従来用いられてきた晩播、無リン酸栽培よりも、*S. borealis* のみが発生する点で進歩したが、発生量は根雪の早晩によって大きく変動した。このため菌胞子の散布と低濃度薬剤防除を併用するように改善されてきた。能代¹¹⁾ はオーチャードグラスを用いて試験管内で子のう胞子をスプレーし、冷蔵庫で発病させる方法を用いているが、生存個体の再生法を工夫する必要がある。

耐凍性検定には地表露出法、冠部凍結法、電気伝導度 (E. C.) 法を検討した。いずれの方法も品種間差異は有意で、相互間の相関も有意に高いが、小麦を整一かつ新鮮に生育させること、凍結処理温度をLD₅₀前後に調節することが精度向

上のポイントになると考えられた。

従来ほ場における耐冬性検定は、発生する冬損の不確実性と大きな実験誤差を伴うため、多数の場所と多くの年数をかけて評価せざるを得なかった。これに代わる方法として古くから人工凍結法が開発され、^{7, 8, 58, 179, 182)} ほ場の生存率との間に高い相関が認められるが、通常の育種計画には用いられなかった。Amirshahi and Patterson⁵⁾ によれば、多数の材料をポットまたは苗箱に栽植するのは土壌水分の影響が有意に大きく制御が難しかった。地表露出法⁷⁸⁾ は大きな低温室の代わりに自然の低温を利用するもので、ほ場試験と人工凍結試験の折衷法であるが、所定の低温を意のままにとらえるというわけにはいかない。しかしほ場でそのまま再生個体の採種できる利点があるから集団選抜にもよく適している。育種計画を軌道にのせるためには、降雪ならびに除雪にともなう屋根の操作など、大規模なほ場施設を工夫することがポイントと考えられる。

Olien¹¹⁷⁾ は冠部の被害度が生存率を決定づけるとし、Marshall⁹⁰⁾ は秋播エンバクを用いて冠部だけを凍結させ、10数カ所のほ場試験の生存率と高い相関をえた。Warnes and Johnson¹⁷⁷⁾ は秋播大麦と小麦で同様の結果をえた。われわれの冠部凍結はこれらの方法に準じている。Grafius¹⁷⁾ は耐凍性の選抜に nonequilibrium freezing resistance と equilibrium freezing resistance の検定が必要としている。前者は冠部の水分が高い状態で行われ、この時の抵抗性は北米北東部の多湿地帯で重要となる。後者は水分を60%以下に減少させて行われ、この場合の抵抗性は北部大平原において一層重要となる。通常行われているのは後者の方法である。Eunus 等³¹⁾ によれば各タイプの耐凍性には異なる遺伝子系が存在する。Olienら⁹¹⁾ のミシガン計画では凍結ストレスの異なる形態を動力学的に解析し、4種類の凍結試験法とその装置を開発し耐凍性の検定を行っている。Marshallら⁹⁴⁾ のペンシルベニア計画では、ヘテロ集団の個体選抜にまで精度を高め、かつ多数個体を扱えるように半栄養培地 (semi-nutriculture) で育苗とハードニングを行い、15×50mmのプラスチック

びんに冠部を入れて栓をし、ターンテーブルにのせて凍結処理をするなど種々の改良法が見いだされてきた。苗箱で育苗し、戸外でハードニングさせたものを凍結する方法はバビロフ研究所でも実施されており、また大量の材料を検定するためのファイトロンがソビエトの各地に設けられている。⁹⁵⁾

各検定法に共通な問題は環境条件によるハードニングの差を最小にすることである。このため土壌水分の均一な精密ほ場の造成や、ポットや苗箱に対する灌水をコントロールしなければならない。標準品種については抵抗性に対してヘテロであってはならないから、検定を重ねて純系にするか、組織培養を考える必要があるだろう。

2. 耐凍性の遺伝行動と遺伝的多様性

耐凍性は、ポリジーン支配で、その変異は関与する遺伝子の相加的効果の差に起因すると考えられている。これは多くの遺伝実験からの結論であるが、個々の結果はかなり異なる内容を含んでいる。耐凍性の遺伝率は、遺伝子型の環境による影響の受けかたでかなり異なっており、総じて年次や場所間の遺伝率と強品種間交雑での遺伝率が低い。しかし、一定条件での結果は高いものが多く、本研究の耐凍性および雪腐病抵抗性のダイヤレル分析からえられた遺伝率も高かった。ポリジーン支配であれば遺伝子数は多くなる。環境の違いで微妙に耐凍性の差が生じたり、遺伝子の優劣関係が処理の強度で逆転する例からすると、耐凍性はポリジーン的性格が強い。しかし、本研究から少し異なる側面も認められた。耐凍性あるいは雪腐病抵抗性のそれぞれに強い品種との交雑後代から低率ながら一定の頻度で強品種並の材料が出現している。また「Chinese Spring」への「Cheyenne」の置換系統を用いた Sutka (1981)¹⁶⁵⁾ とわれわれの結果を比較してみると、多くの染色体で異なる反応を示しているなかで、5Aと5Dで特に抵抗性座位の染色体が一致の傾向であった。Law and Jenkins および Fowlerら³⁷⁾の研究では、耐凍性の遺伝子はA、Dゲノムに位置し、とくにDゲノムに集中している。耐凍性の源はDゲノム、とくに5D染色

体から解明されるように思われる。以上の結果からすると、制御された一定条件での耐凍性は比較的単純な遺伝支配下にあり、作用力の強い遺伝子が数個関与するように見受けられる。しかし、*Typhula* spp.あるいは *S. borealis* 抵抗性の遺伝子座は今後の研究によらねばならない。

Grafius¹⁷⁾ が耐凍性の遺伝的多様性が小さいという理由として、「Minhardi」と「Lutescens 0329」以上の品種がないことと、これまで育成されなかったことをあげている。「Minhardi」は「Odessa」と「Turkey」の交雑による超越型品種であるが、その後「Minhardi」を用いた交雑から「Minhardi」以上のものはえられていない。現在、最強と考えられているのは上記2品種のほか「Valujevskaja」、「Alabaskaja」、「Uljanovkia」と古いいくつかのソビエト品種およびカナダの「Norstar」(Winalta/Alabaskaja)等がある。これらは普通にハードニングされると-25℃の低温にさらしても葉の先端に凍害をうける程度である。こうした低温による直接的凍害を稀にしか受けないわれわれの環境は、耐凍性の超越型に対して彼らほどの深刻さはない。本研究では「Valujevskaja」および「Moscow 1」を母本とした交雑後代から多くの耐凍性系統がえられ、他の実用形質が改良された。古い型の耐凍性品種に代わる新しい遺伝子型である。

Typhula spp.抵抗性については、ワシントン州立大学における大規模な収集と選抜によって、1966年いわゆるベストの遺伝子源9品種がリストアップされた。このうち、われわれがよく用いているのは、World collection 全品種の集団から選ばれた「C. I. 14106」と、トルコから導入された「P. I. 173438」で、北海道の多雪地帯でもきわめて安定した抵抗性を示している。本研究ではこれらの抵抗性を維持して草型の改良が行われ、「WH 1~10」の10系統が育成された。これらの系統に対しては、おそらく薬剤防除の必要はないものと思われる。

以上のように耐凍性と *Typhula* spp.抵抗性の母本に恵まれながら、それらの品種間あるいは北海道品種との交雑から超越型系統はえられなかった。

ただ耐凍性と *Typhula* spp. 抵抗性の結合には成功した(WH3, WH6)。この意味では、新しい耐凍性の遺伝的多様性を広げたことになる。

問題は *S. borealis* 抵抗性である。Table 2 に示したように、「Iohardi」、「北海48号」、「農林8号」等の古い品種と、比較的新しい育成された「北見1号」、「同2号」、「同3号」が手持ちの抵抗性材料のすべてである。ここでソビエトの耐凍性品種が *S. borealis* に余り抵抗性を示さなかったこと、上記の北海道の品種・系統がいずれも「Turkey」と「Kanred」に由来することから、アメリカ合衆国、カナダにおける *S. borealis* 発生地帯の品種系統をはば広く検定する必要がある。また筆者は1983年、トルコ東部の秋播小麦栽培地帯で小麦を収集する機会をえた。65カ所の集団から600ほどの系統作出したが、*Typhula* spp. 抵抗性ばかりでなく *S. borealis* 抵抗性系統が含まれていることを期待している。

ダイアレル分析の結果は、*S. borealis* 抵抗性も劣性遺伝子が支配的とみられた。また「Moscow 1」／「ホロシリコムギ」の後代F₆で、両親を超越する多数の系統が分離された。(Fig. 11)。これらのことは *S. borealis* 抵抗性に関与するポリジーン系の組み換えが期待できるように思われる。そのためには連続的な選抜が重要と考えられる。

3. 耐凍性の選抜と育種の見通し

耐凍性の選抜ないしスクリーニングにあたり、北限に近いところで栽培される秋播小麦にとって、基本的に具備すべき特性は耐凍性と播性である。このうち播性については広い遺伝的多様性は認められたが、2交雑のF₄、323系統では、春化要求度がⅦ以上のいずれの階級からも耐凍性と *T. ishikariensis* 抵抗性系統がえられた。

耐凍性には形態的にも生理的にも密接に関係する多くの形質が知られている (Levitt)^{84, 85)}。それらが選抜に利用しうるかどうか、多数個体が扱えれば申し分ないが、多くは必ずしもそうはならない。例えば凍害防御多糖類 (cryoprotectant polysaccharides) (Olien, 1978)¹²⁸⁾ を量的に高める遺伝子の集積は集団の凍結試験によってそ

のような遺伝子を持つ系統を分離することは可能であろう (Grafius)¹⁷⁾。しかし、一般に耐凍性に関する生理的、生化学的最新の知識と、選抜にこの知識を利用しようとする育種家との間にはかなりの隔りがある。こうした特性は大部分ハードニングや生存率と相関が認められているが、各相関には例外も見いだされる。植物体を凍結させないで耐凍性を予見する間接的選抜の価値は、育種家にとってそれほど高いようには思われない。

初期のスクリーニングには容易に測定できる関連形質が対象となるし、最終段階にはより高度の選抜ないしより詳細な測定を行うことになる。スクリーニングにFowler等⁴⁰⁾は、葉身の水分含量と叢性が役立つとしている。いずれも植物体全部を傷めることはない。ただし彼らは実際の選抜実験を行ってはいない。第Ⅲ章で扱った体内成分のほとんどは後者の段階に属するが、ここで特異性を示したのは *Typhula* spp. 抵抗性品種の糖分蓄積能力であった。第Ⅴ章の選抜実験で得られた後代系統が体内成分でいかなる特異性を示すかは未検討であるが、きわめて興味深い。

本研究でえられた抵抗性系統の特性一覧は次表の通りで、耐凍性と *Typhula* spp. 抵抗性については原品種の農学的劣悪形質が改善され、耐凍性と *Typhula* spp. 抵抗性の結合にも成功した。しかし、収量、品質、耐病性ならびに栽培特性等の検討はなお年次を要する。現在のところ標準品種「ホロシリコムギ」または「チホクコムギ」にくらべ短稈ないし同程度のものは4系統、同程度の強稈性を有するもの2系統、明らかに収穫指数の高いもの1系統で、全体的には「ホロシリ」、「チホク」の草型までには改良されていなかった。したがって、えられた系統を母本とする次のサイクルで、半矮性、多収、高H.I.、良質で耐凍性、*Typhula* spp. 抵抗性品種の育成は射程距離にあるように思われる。

表. 選抜された抵抗性系統一覧

系統及び 品種名	世代	組合せ 母 父	耐 凍	黒 色	大 粒	強 稈	H. I.	摘 要
WH 1	F ₅	ホロシリ／P. I. Valu	極強	強	—	ヤ強	32	ヤ長稈
WH 2	〃	〃 〃	〃	〃	—	〃	29	中稈、ヤ大粒
WH 3	〃	〃 〃	〃	極強	—	〃	29	ヤ長、大粒、良質
WH 4	〃	〃 〃	〃	強	—	〃	31	ヤ長稈、中粒
WH 5	〃	〃 〃	強	極強	—	〃	29	ヤ長稈、良質
WH 6	〃	〃 〃	極強	〃	—	〃	28	ヤ長稈、中粒
WH 7	F ₆	P. I. /ホロシリ 北見 42 号	—	〃	—	〃	38	中稈、ヤ大粒
WH 8	〃	〃 〃	—	〃	—	〃	29	短稈、小粒
WH 9	〃	〃 〃	—	〃	—	〃	30	短稈、ヤ大粒
WH 10	〃	〃 〃	—	〃	—	強	29	短稈、中粒
WH 11	F ₇	Moscow 1 ホロシリ	極強	中	強	—	—	
WH 12	〃	〃 〃	〃	ヤ弱	強	—	—	
P. I. 173438			極弱	極強	極弱	弱	15	長稈、小粒
Valujevskaja			極強	極弱	ヤ強	極弱	19	極長稈、小粒
ホロシリコムギ			ヤ強	中	ヤ強	強	29	中稈、大粒
チホクコムギ			〃	弱	〃	強	32	中稈、小粒

問題の *S. borealis* 抵抗性であるが、選抜された「WH11」、「WH12」はおそらく「Iohardi」、
「北海48号」程度の抵抗性と思われ、これらを凌駕する超越型が今後の育種目標となる。検定方法は一段と向上することが期待されるが、依然として遺伝的多様性が小さく、また *S. borealis* 抵抗性と密接に関連する形態的、生理的特性の信頼すべき情報も少ない。こうした場合の育種の進めかたはどうすべきであろうか？

第1に考えられるのは Suneson¹⁶³⁾ の進化育種法が適用できる。集団には極度のヘテロ性を与え、道東の数カ所を場所を変えながら集団養成を行い、自然淘汰によって超越型を選び出そうというものである。

第2としては突然変異体の作出である。すでにアメリカ合衆国ではエンパクのX線処理によって、耐冬性の突然変異体がえられている。¹³⁾

第3は循環選抜とくに Male-Sterile Facilitated Recurrent Selection (M. F. R. S.) の適用である。オオムギの耐凍性育種で以前から行われており、これが他の実用形質の改良にも効果的なところか

ら、1974年に R. F. Eslick によって M. F. R. S. と名付けられた。遺伝的雄性不稔個体からえられた子孫を冠部凍結法によって選抜する体系が、ミシガン計画によってかなりのサイクルが繰り返されている。⁹⁵⁾ いくつか解決を要する問題を含んでいるが、秋播小麦の *S. borealis* 抵抗性育種にもその応用面はひらけているように思われる。

そして第4にはライムギ等近縁種のもつ *S. borealis* 抵抗性の導入である。染色体工学の先端技術を必要とすることは言うまでもない。

以上のように超越型を求めるのに、(a)最良の検定方法と、(b)抵抗性遺伝子蓄積のための育種方法を確立することが進歩は緩慢でも効果は確実である。そして、選抜にあたって①遺伝子型が表現型からは推測できないほど豊富な変異性を備えていること、②ある形質に対して有効な選抜が、他の形質に関係する遺伝子系の平衡を破り、生物にとって不利な結果を招くことに十分な配慮が必要である。耐冬性の育種もまた真実野心的な仕事である。