

2. 小麦における耐性育種の現状と今後の方向

天 野 洋 一*

はじめに

北海道の小麦が本格的に栽培に移されたのは明治からで、その歴史は100年余りと比較的浅い。しかしその間における作付の変動は実にめまぐるしい。道南、道央から始まった小麦栽培は、開拓とともに道東北へと広がり、明治の終わりに2万haにまで拡大した。この頃から小麦の主産地は北見地方となり、その後北見に小麦指定試験地ができる礎となっている。大正に入るとさび病が多発し、作付は1万haに減少した。昭和に入って良い品種が普及したこと、それに伴って栽培が改善されたこと等により再び作付は増え、昭和10年代には4万ha近くまで伸びた。しかしその後は価格の低迷等もあり、再び作付は減少の一途を辿り、昭和47年には7千haの底まで落ち込んだ。それが昭和50年代に入ってまた爆発的に増え、昭和56年以降は10万haほどの作付がある。今では畑の基幹作物として定着したかにみえる。

過去も現在も北海道の小麦栽培は決して安定しているとはいえない。収量は先進地のヨーロッパに比較すると低いレベルにあり、しかも収量変動が大きい。絶えず障害に見回れ、減収と品質劣化を繰り返している。残念ながらいまだ克服できたといえる状態にはない。

障害にはいくつかあり、それも歴史とともに様変わりした。栽培の当初は赤さび病、黒さび病、黄さび病が猛威を振るった。黄さび病などは現在では全く見られないが、当時は大変な病害であった。また冬枯れが大発生し、廃耕を余儀なくされることもままあった。1960年頃まで

その状態が続き、その後さび病は治まり、冬枯れが定期的に発生した。1975年になって冬枯れの発生も少なくなったが、それに代わって穂発芽、うどんこ病、赤かび病の被害が大きくなってきている。

北見農試小麦育種指定試験地は、これらの障害に対し品種改良の立場で仕事を進めている。今回はこれらのうち特に近年問題が大きくなった穂発芽、うどんこ病、赤かび病に対する育種を取り上げ、現状と今後について論ずることとする。

1. 穂発芽被害の実態

1995年の夏北海道では小麦の収穫時期に長雨が続き、43%の規格外を出す大惨事を招いた。これは極端なケースだが、機械化、大型化の進んだ近年では毎年のように1～2割の穂発芽被害が発生している。表1の規格外はほとんどが穂発芽によるもので、今では小麦栽培の最大の障害といえる。

「穂発芽はどのような条件で発生するのか？」という問いに対し、単に雨が降るからと短絡できない側面がある。穂発芽は環境に微妙に左右される性質で、登熟期から収穫期の降雨の他に、気温、湿度、日照等も影響する。またコムギの粒水分と休眠性も関係する。したがって100粒中2粒でも芽が出ていると「穂発芽」とする規格からすると、発生条件を決定することは困難を極める。なお多少の気象条件の違いを超越した穂発芽抵抗性がコムギに備わっていれば別であるが、現品種の能力では多くを望めない。

表1 北海道産小麦の検査成績と規格外小麦（穂発芽小麦）の発生量（トン）とその割合（%）

検査成績	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
1 等	19,159	183,065	291,526	337,998	185,188	262,139	231,440	288,363	162,743
2 等	339,203	309,074	160,754	95,113	112,999	110,631	77,918	30,274	26,584
規 格 外	102,768	57,548	48,402	57,467	84,617	92,010	54,195	25,857	143,478
規格外比率	22.3	10.5	9.7	11.7	17.5	10.0	14.9	7.5	43.1%

*北海道立北見農業試験場
小麦育種指定試験地

十勝農試では1988年より成熟期前後のアミロ粘度の変化を追跡調査している。その例として1992、1993、1994年3か年の結果を図1に示した。登熟期から収穫期にかけての天候が微妙に影響しているのが伺える。1993年は曇天・多湿の年で、成熟期にすでに低アミロとなっている。

気象のデータから穂発芽の発生予測を行なう試みが各地で行なわれ、成熟期後の降雨量と降雨日数で説明できるとする結果もあるが、日本、北海道のような多湿の条件では、小麦は絶えず穂発芽を起こし易い条件に曝されており、予測は困難を極めている。しかし、登熟期より定期的にアミラーゼ活性の測定を行い、低アミロ発生の警報を出すことは意義深いと考えられる。できれば気象条件の異なる各地を拠点として測定が行える体制が整えば品質管理にとって好都合であろう。しかしこれと穂発芽防止の抜本的手だてとはなりえない。

穂発芽の発生を個別の気象要因と品種の反応で検討した試験から、発生のポイントとなる点を拾い出してみたい。登熟期間中の曇天・多湿はアミラーゼ活性を高い状態に維持する作用をもち、低アミロの原因となる。しかしこの特性も品種で異なり、アミラーゼ活性が高くない品種も存在する。登熟期間中の高温(25℃以上)と多湿は休眠を弱める。逆に登熟中の低温(湿度のない状

態)と乾燥は休眠を強める。またこの特性に対する反応にも品種間差異がある。成熟期後(吸水能力が強まる)の小麦は降雨の繰り返しで休眠性が弱まり、さらに吸水した小麦は低温(15℃以下)条件で休眠は打破される。

2. 穂発芽の母材

穂発芽対策には抵抗性品種の作付がもっとも効果的と考えられ、また主流品種「チホクコムギ」「ハルユタカ」が抵抗性が劣ることからすると、早期に抵抗性品種を育成する必要がある。

北見農試では1975年頃より「穂発芽抵抗性母材の探索」の仕事を進めてきた。多くの材料について穂発芽検定を行い、探索を行ってきた結果、いくつかの優れた素材を見いだした。表2に秋播小麦と春播小麦のそれぞれについて抵抗性母材とみられた材料を示した。完全な抵抗性といえるものはみられないが、「チホクコムギ」「ハルユタカ」と比較して「強」と評価された材料は明らかに抵抗性であり、有効な素材とみられる。「チホクコムギ」が穂発芽した状態で「北系1354」などは2～3日の雨が続いてもちこたえることができる。

表中の「Lancer」は北見での栽培では低アミロとなっていないが、十勝での栽培では成熟期にすでに低アミロ

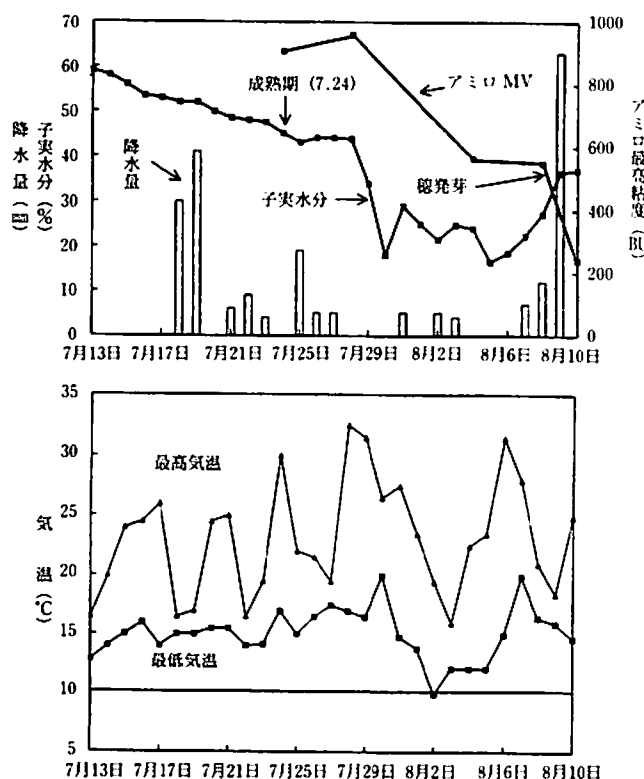


図1-1) 登熟のパターンと穂発芽被害の実態 (十勝農試 1993年)

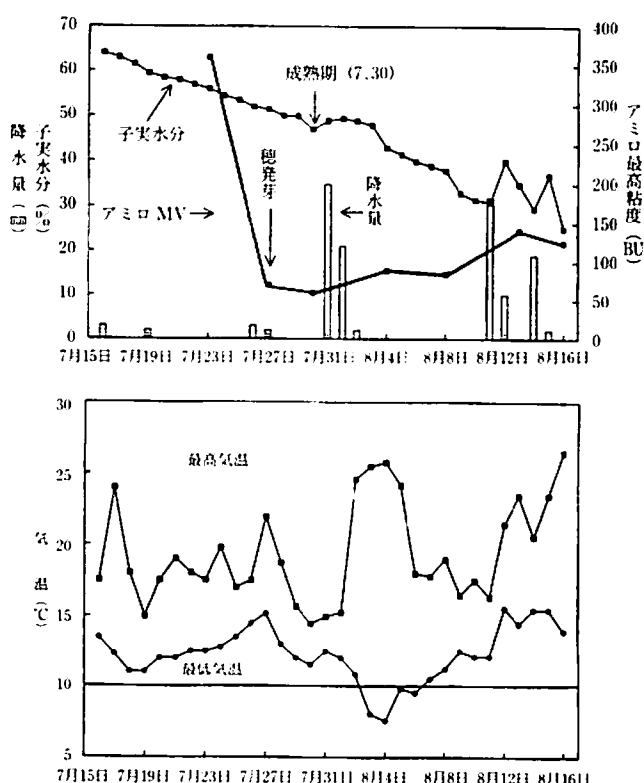


図1-2) 登熟のパターンと穂発芽被害の実態 (十勝農試 1994年)

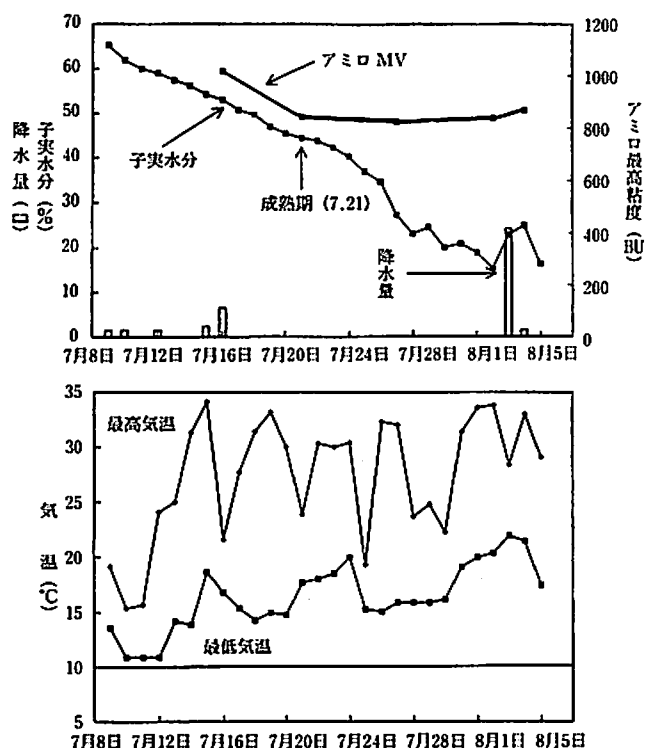


図1-3) 登熟のパターンと穂発芽被害の実態
(十勝農試 1995 年)

となるケースがみられる。穂発芽抵抗性の一つの要因、休眠性は優れるものの、登熟中の曇天・多湿の条件でアミラーゼ活性が高いまま経過する性質があるためとみられる。この特性は「高アミラーゼ」という特性として着目され、遺伝的特性、しかも比較的少数の遺伝子で支配される形質であることが認められた。近年、世界各国で栽培品種からこの特性を除く努力が払われている。

「北系 1354」のレベルの抵抗性が北海道の各地の栽培でどの程度の効力をもつだろうか。そのことに対し十分解答ができるほど検討されていないが、いくつかの試験が取り組まれている。図2に示した結果は、雨害の厳しかった1993年に十勝農試で行なったもので、「チホクコムギ」が成熟期以前に穂発芽し、低アミロとなった年である。「北系 1354」は成熟期にはまだ穂発芽していない。またアミラーゼ活性も2.4（ブルースターチ法、OD 620の自然対数値）と比較的低い。この値からするとアミロ粘度は400～500 BUと推定される。しかし成熟期に雨にあたったとすると、2日ほどの雨で4日目には8%穂発芽が発生している。雨害年を想定すると、もっと深い休眠性をもった素材の開発が望まれることになる。

表中の春播小麦（府県では秋播）の抵抗性素材は絶え

表2 秋播小麦と春播小麦の穂発芽抵抗性母材

種 類	品種名	抵抗性	休眠性 (発芽率%)				アミラーゼ活性 (F.N. 秒)			
			1990		1991		1990		1991	
			17°C	15°C	20°C	13°C	17°C	15°C	20°C	13°C
秋播小麦	チホクコムギ	弱	81	28	43	69	193	260	103	111
	ホロシリコムギ	中	24	5	5	3	231	307	218	258
	タイセツコムギ	中	18	22	2	9	242	350	235	245
	Lancer	強	13	1	0	3	290	339	340	338
	Satanta	強	5	1	1	2	378	390	284	297
	北系 1354	強	1	1	0	2	361	355	318	314

注) 成熟期に収穫。

休眠性(発芽試験)は1週間、アミラーゼ活性は3日間降雨処理。

種 類	品種名	抵抗性	休眠性 (発芽率%)				アミラーゼ活性 (F.N. 秒)		
			10°C		30°C				
			10 日	70 日	10 日	70 日	無処理	3 日	5 日
春播小麦	ハルユタカ	弱	59	100	3	80	(250)	(62)	(62)
	ハルヒカリ	中	39	99	3	39	273	152	84
	RL 4137	中	23	97	6	30	354	258	182
	ゼンコウジコムギ	強	10	86	1	7	473	450	367
	伊賀筑後オレゴン	強	—	86	—	3			
	北系春 617	強	17	89	0	1			

注) 休眠性—1989年の結果。10日は成熟期後10日間自然乾燥、その後試験。

アミラーゼ活性—1987年の結果。

3日間は成熟期後5日乾燥後の小麦を3日間降雨処理。

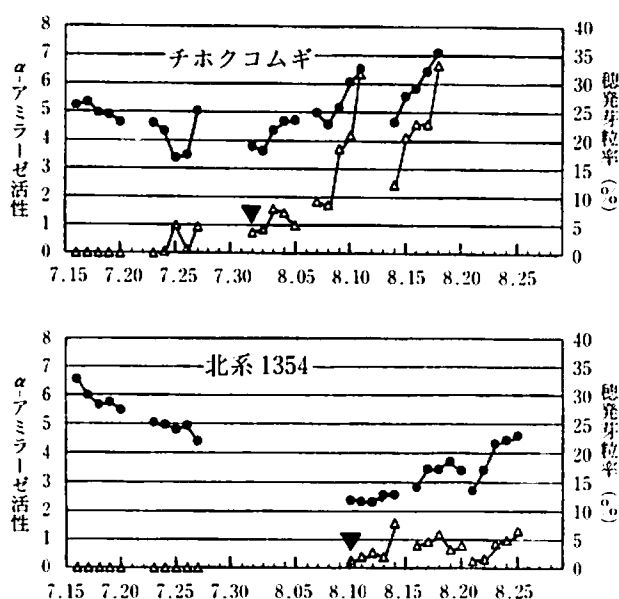


図2 降雨処理による α -アミラーゼ活性と穂発芽粒率の変動(平成5年十勝農試)
▼:成熟期、●: α -アミラーゼ活性、△: 穂発芽粒率

ず梅雨の危険のなかで選抜されたもので、「北系1354」より抵抗性が上の可能性もある。同一の登熟条件で生育させ比較した結果が充分でないため、抵抗性の優劣ははっきりとしていないが、今後は交雑後代も含め、遺伝的能力を明らかにして行かなくてはならない。遺伝資源、あるいは交雑後代を用いて、「北系1354」より抵抗性のものが作出できればまた大きな飛躍である。

コムギは15°C以下の低温の状態では吸水すると休眠が破られ穂発芽する現象がある。北海道では小麦の成熟期に15°C以下の低温となることはそれほど珍しいことではないし、実際に収穫期に低温で長雨が続きと大変なこととなる。北海道の穂発芽実態で、低温がどの程度のウェイトを占めるか検討が充分に行われた訳ではないが、低温条件でも穂発芽しない素材を開発する必要性は充分考えられる。15°Cあるいは10°Cという低温条件で発芽しない材料を選抜することを提案し、それを繰り返した実験がある。表3にその実験例を示したが、明らかに選抜された材料は「北系1354」より強そうに見える。しかし強の「OS-21-5」でもかなりの発芽率であり、現実このような厳しい気象条件のときには有効な材料とはいえないことになる。

以上のように、北海道での穂発芽あるいは低アミロの発生条件は複雑な要因が絡んでいる。育種的には多くの側面をクリアーする必要があるように思われるが、実際の育種操作では要因を網羅して選抜することは困難で、

表3 異なる温度条件での休眠性の比較(発芽率%)

品種名	10°C	15°C	20°C
Mex 852	96 a	93 a	75 a
Tordo	82 ab	79 b	63 b
RL 4137	74 b	56 c	23 e
北系春 617	69 bc	42 d	21 e
伊賀筑後オレゴン	67 bc	50 cd	34 d
ゼンコウジコムギ	56 defg	48 cd	10 f
OS-21-6	51 def	19 ef	3 f
OS-21-3	42 defg	17 f	4 f
OS 21-5	29 g	13 f	3 f

注) 1993年長内発表よりデータ一部抜粋。
成熟期収穫、30日間吹抜小屋乾燥。
アルファベット文字は Duncan の多重検定。
OS 系統: F₁₀ 世代。

現実的には成熟期に一般的な温度条件で雨処理を行い、全く穂発芽しない材料を選抜していくのがベストと考えている。

3. 穂発芽抵抗性の遺伝

小麦の穂発芽抵抗性の遺伝は量的形質の色彩が強い。環境に左右される形質だからである。しかし、一つの限られた条件で検定を行い解析を行うと、比較的単純な遺伝に支配される結果がえられることが多い。それらを総合して考えると、穂発芽抵抗性は2～3個の作用性の大きな主動遺伝子と環境条件で作用する多くの微動遺伝子に支配される形質と見ることができる。

北見農試では過去に二つの遺伝実験が取り組まれた。一つは休眠性品種「Lancer」と「チホクコムギ」の交雑集団を、F₂ および F₃ 世代に選抜を繰り返した集団と無選抜集団を比較した試験で、その結果を図3に示した。抵抗性の遺伝は比較的単純とみられ、初期世代における単年度の選抜でも有効であることが示された。いま一つは、強弱7品種の総当たり交雑後代の F₂ 集団を用いてダイアレル分析を行なった試験で、成熟期後10日目以降に20°C以上の温度条件で発芽試験を行なうと、単純な相加一優性モデルが適用可能な遺伝に支配されることが示された。また関与する遺伝子は2～3個、成熟期後の早い時期は抵抗性が優性、時間が経つと抵抗性が劣性に変化することが認められた。

近年分子マーカーを用いた育種が開発され、小麦の穂発芽抵抗性にも適用されている。半数体倍加系統、SSD法で育成された系統あるいは F₂ 等雑種集団を用いた実験例が見られる。系統を用いた場合、反復、条件の異なるデータに適用できる利点がある。環境に左右される本

形質には系統での試験は有効で、200 前後の系統を用い、乾燥、多湿等異なる条件で栽培を行い、登熟後の異なる時期のデータに対して、RFLP 解析を適用することが可能である。具体的結果では、全体の遺伝分散を十分に説明できるというところまで進んでいないものもあるが、数個のマーカーで半分あるいは 60%の分散を検出でき

ている結果もある。後者では 3 個ほどの抵抗性に大きく関与するマーカーが見いだされ、そのマーカーの集積作業が育種のなかに取り入れられている。分子マーカーによる育種そのものが限界があるのか、さらにマーカーの開発で検索能力を高めることが可能かは今後の課題であるが、近い将来育種の中心になることが期待されている。

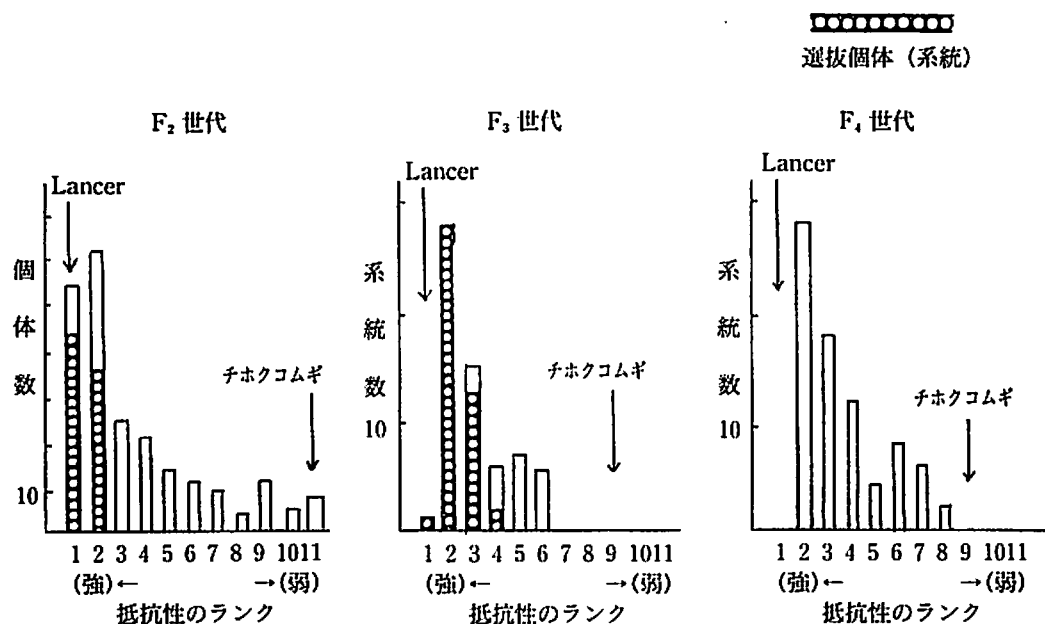


図 3 穂発芽抵抗性の初期世代における選抜の効果（組合せ：Lancer／チホクコムギ）

4. 穂発芽選抜の実際

北見農試では 1980 年頃より、穂発芽の選抜による育種を始めた。個体選抜、系統選抜すべての選抜材料について穂発芽検定を行ない、「強個体」「強系統」を選抜している。また生産力試験供試の後期世代の材料について特

性検定試験を行い、成熟期に収穫、穂発芽検定、アミロ検定を 2 反復で実施している。

個体選抜試験（多くは F₂、一部 F₃ 以降）は、圃場で選抜された個体の主茎 1 穂、系統選抜試験（F₃ 以降）では選抜系統の 1 系統 10 個体各 1 穂ずつを降雨処理し選抜に供している。降雨処理は成熟期に収穫した小麦を 10 日ほど吹抜小屋で乾燥したものを、20℃の恒温恒湿室内で、

表 4 F₂ 世代での穂発芽個体選抜（北見農試、1988）

交配 訓交 番号	組み合わせ	試 供 個体数	穂発芽程度							選 抜	
			無 (0)	微 (1)	少 (2)	中 (3)	多 (4)	甚 (5)	平均	個体数	平均
1452	北見 62 号/北系 1409	513	38	69	66	72	143	125	3.40	244	2.13
1453	北見 62 号/北系 1463	305	9	30	55	46	122	43	3.49	109	2.72
1476	北系 1468/北系 1455	376	151	65	49	28	65	18	1.84	145	0.60
1523	北系 1354/Hustler//北見 62 号	227	141	46	14	7	11	8	0.98	156	0.45
1535	北系 1354/北系 1388//北見 62 号	300	82	86	43	22	53	9	1.90	183	0.98
比較	北系 1354	10	9	1					0.10		
〃	北系 1455	10	9	1					0.10		
〃	北見 62 号	10					2	8	4.80		
〃	ホロシリコムギ	60	2	6	4	7	36	15	4.23		

表5 F₃世代での穂発芽系統選抜（北見農試、1988）

交配 訓交 番号	親、組み合わせ	供 試 系統数	穂発芽程度					
			(系統および個体数)					
			0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	平均
P 1	北見 47 号		3	3	1	2	1	2.20
P 2	北見 58 号			2	4	3	1	3.25
1354	北見 47 号/北見 58 号	46	2	7	6	17	14	3.31
P 1	北見 47 号			2	3	3	2	3.25
P 2	北見 62 号						10	4.95
1356	北見 47 号/北見 62 号	26		2	6	9	9	3.58
P 1	タクネコムギ				2	4	4	4.15
P 2	北系 1353	10						0.10
P 3	チホクコムギ				1	3	5	3.95
1408	タクネ/北系 1353//チホクコムギ	34	14	8	10	2		1.52
P 1	Hustler			8	1	1		1.80
P 2	58 H-15			1	4	3	2	3.25
P 3	北系 1451	10						0.10
1414	Hustler/58H-15//北系 1451	55	45	7	1	2		0.60

毎日降雨処理を行い、100%の湿度状態に1週間置く。その選抜の一例を表4、表5に示した。条件がうまく設定されると、抵抗性：0%、弱品種：60%の発芽率の数値が得られ、弱から強が広がりをもってほどよく分散する。そのような条件で選抜が行われると、比較的少ない年数でも選抜効率が高い結果が得られている。しかし選抜条件をいつもベストにすることはきわめて難しい。すなわち休眠形成あるいは休眠覚醒の条件が毎年異なるため、適切な検定条件を設定できないのが実態である。そのため年によっては、分散が極端に一方に偏ることがみられ、十分な選抜が行えていないこともある。

穂発芽選抜による育種は最近着実に成果が上がりつつある。その一例として「北見 72 号」を紹介したい。本系統は、1985年に多収・良質の「ホクシン」を母、穂発芽抵抗性の「北系 1354」を父として交配を行い、穂発芽の選抜を繰り返し選抜固定を図ってきたものである。図4は北見の雨害年1995年の結果を示したもので、雨にかなり当たった8月10日においてもまだ休眠性がかなり残っており、発芽率は「北系 1354」並に低く、「チホクコムギ」「ホクシン」に比べ明らかに穂発芽が少ない。

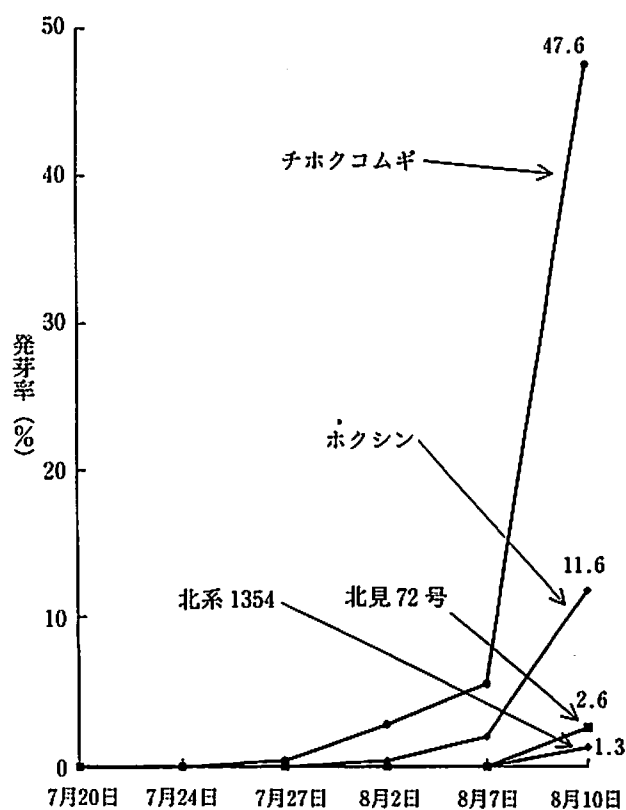


図4 北見 72 号の穂発芽耐性

5. うどんこ病、赤かび病の被害の実態

「チホクコムギ」が普及して15年。この品種は従来の品種に比較してうどんこ病と赤かび病に特に弱いこともあり、実際の栽培ではこの両病害に対し防除は必須と

なっている。しかも近年防除回数が増む傾向にあり、抵抗性品種の開発あるいは防除技術の改善等対策が急がれている。「チホクコムギ」を無防除で栽培すると、うどんこ病は40~60%あるいはそれ以上の病斑面積率に拡大

し、20%程度の減収、品質の劣化を引き起こす。また赤かび病も、特に登熟中湿度の高い地帯では発生が多く、減収と品質劣化を引き起こしている。そのため両病害に対して、通例2～3回の防除が当り前となっている。1996年コムギの登熟期、全道的に曇天・多湿の条件となり赤かび病が大発生した。網走で70%、十勝でほぼ100%の被害面積率となり、大半が多以上の発病、収量は平年の半作となり、千粒重が小さく、きわめて充実の悪い小麦となってしまった。

この両病害に対し「ホロシリコムギ」「タクネコムギ」は「チホクコムギ」より発病は明らかに少ない。この程度の抵抗性の差でも防除回数と被害は大いに軽減される。ちなみに「チホクコムギ」の栽培以前は両病害に対してそれほど防除は徹底されておらず、それでも大きな問題とはならなかった。また防除が徹底され回数が嵩んだ結果、うどんこ病菌の薬剤に対する感受性が鈍化し、防除効果が低下し、被害が拡大している現象もみられている。なんとか薬漬けの小麦栽培から脱却して、一回程度の防除で健全な良質麦が得られるよう育種も成果を上げなくてはならない。

6. 耐病性の母材

うどんこ病はヨーロッパとアメリカ西部の小麦栽培で、赤かび病は本州や中国大陸南部で厄介な病害の一つであり、そのためその地域では抵抗性品種が作付される必要から、育種が古くより取り組まれてきた。北見農試ではこの両病害に対し、これらの地域の材料を導入し検討を進めている。

1) うどんこ病

北見でうどんこ病耐病性の検定を行なうと、全く発病の認められない材料は比較の数多く認められる。秋播小麦品種保存でみると「Hustler」「Apollo」「Oregon-86」等50種を数え、ヨーロッパとアメリカの品種に多い。北見農試でこれらの素材を他の特性も含め交配に用いて、数多くの無発病系統を作出しているが、罹病化を考えると要注意である。すなわちこれらの品種はいずれも育成地では栽培と同時に罹病化している事実があるからであ

る。「ハルユタカ」は育成当時の1985年には発病は認められなかった。しかし栽培が進むにつれ1990年から発病がみられるようになり、1994年からかなり多めの発病となっている(表6)。「ハルユタカ」を侵すレースが出現したことになる。

過敏感反応による抵抗性は、菌のレースの誕生で容易に罹病化することから、圃場抵抗性が見直されている。イギリスの研究でレース混合の条件を想定して、年次と場所を重ねた試験を行い、病気の進展が遅く被害程度がひどくならない品種を探索した。その結果、発病はするがひどい被害とならない素材が見いだされ、これらは圃場抵抗性(Durable resistance)があるとした。この性質は遺伝し、近年では真性抵抗性よりも圃場抵抗性に重きをおいて選抜が行なわれている。ただし、現時点では圃場抵抗性の選抜をどう行なうかが厄介な問題で、結局のところ、罹病はするが発病の少ないものを年次を重ねて選んで行くしかないようである。

2) 赤かび病

我々の赤かび病耐病性育種の取組みは、1989年からのことで緒についたばかりである。北見では赤かび病の発生頻度と発病度が低く検定が充分行えないことから、常発する十勝農試で行っている。

赤かび病耐病性は全く発病しない材料がないこと、開花、登熟中の気象条件によって発病が左右されることから、素材についてもはっきりした結果がえられていない。そんななかであって「タクネコムギ」「北見70号」「ホロシリコムギ」等は比較的评价が高い。北見農試において行った施設、接種による赤かび病の接種検定と十勝の自然発病の結果を表7に示した。圃場では「タクネコムギ」が最も発病が少ない。「ホクシン」も比較的少ない。しかし、灌水ハウスや接種条件では「ホクシン」は「チホクコムギ」並に弱く、「タクネコムギ」も決して強いというレベルではない。実際の圃場では早生であるためエスケープしている可能性が大きい。

東海近畿農試、九州農試では古くより赤かび病抵抗性育種が取り組まれている。「蘇麦3号」「新中長」などはあきらかに抵抗性遺伝子を持つとして、交配母材に使われてきた。特に「蘇麦3号」は世界的に抵抗性品種とし

表6 「ハルユタカ」「ハルヒカリ」のうどんこ病耐病性の推移(発病指数)

品種名	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
ハルユタカ	0	0	0	0.1	0.9	0.0	0.4	0.5	0.3	0.9	1.9	2.1
ハルヒカリ	—	—	2.2	0.6	3.5	3.2	1.3	1.4	1.2	1.8	2.0	2.0

表7 各種検定条件での赤かび病耐病性の品種間差異 (1995)

品 種 系統名	十勝圃場 自然感染	北見農試接種検定		
		袋かけ	濃厚液	溜水 ハウス
タクネコムギ	0.2	1.8	0.3	3.4
ホロシリコムギ	1.1	2.8	3.1	3.5
ホクシン	1.3	3.2	2.9	4.6
チホクコムギ	4.3	3.4	3.3	4.3
北見70号	0.5	1.7	0.4	4.4
Troud			1.5	3.8
北系1277			0.7	5.1
Triumph			1.2	4.9
北系1643	1.0	6.9	3.4	
北系1646	0.5	2.0	3.2	
タクネコムギ	0.3	0.3	4.8	
チホクコムギ	3.0	2.8	6.0	

注) 十勝圃場自然感染：上段は前6年平均。下段は1995年のみ
 袋掛け接種：開花期に、 5×10^4 個/ml 孢子液を20 ml/10 穂。
 接種後2日間パラフィン袋掛け。
 濃厚液接種：開花期に 5×10^4 個/ml 孢子液、120 ml/m² を噴霧接種。
 溜水ハウス：出穂直前50%遮光フィルムハウスで、隔日に5 mm 溜水。湿度保持。

て評価が高い。北海道ではこの遺伝子の導入もまだ不十分だが、前段で評価した北海道の材料と併せ育種を進めていく必要がある。その際、北海道の材料が上記の材料と遺伝的にどのような関係にあるのかも明らかにする必要がある。

7. 病害の遺伝と選抜の実際

1) うどんこ病

うどんこ病に対して感受性か抵抗性かを菌と植物体との特異的關係で説明する「gene-for-gene」の考え方が古くよりあり、長い間この論理に基づいて育種が取り組まれてきた。奥によれば、日本におけるうどんこ病のレースは20個あり、小麦品種は大きくはこれに対する反応で

10のグループに分けられるとされる。「ホロシリコムギ」「タクネコムギ」「ムカコムギ」「ホクエイ」はすべてのレースに罹病性のグループに属する。「ハルヒカリ」「ハルユタカ」等北海道の大半の春播小麦はレース10、12、13、15、16、20に罹病性で、他のレースに抵抗性。「チホクコムギ」は「ハルヒカリ」のグループに近似するが、一部のレースに対する罹病性を異にする。「Hustler」等イギリス品種、「ハルユタカ」の親である「Tob 8156 R」はすべてに抵抗性と分類している。北海道には4、8、9、10、11、15、16のレースが認められており、4、9、15、16が主流とされる。

レース検定でみると「チホクコムギ」は他の品種に比較して発病が少ない。しかし、実際の圃場では「ホロシリコムギ」は「チホクコムギ」に比較して明らかに発病が少ない。この要因は明らかにされてはいないが、圃場抵抗性のような耐病性関与の別の因子を「ホロシリコムギ」はもつものと推察される。いずれにしろ「ホロシリコムギ」のように罹病はするが発病の少ない品種が貴重である。またこの種の圃場抵抗性の遺伝についても明らかにしていく必要がある。さらに近年「Hustler」等を交配材料に用い、罹病の見られない系統が多数養成されているが、今後の罹病化に対しては細心の注意が必要であろう。

北見農試での実際の選抜の一例を表8に示した。実際の選抜に当たっては「チホクコムギ」より発病度の低い系統の選抜に努めており、かなり発病度が低い系統が多くなってきている。「ホクシン」は訓交1012の組合せからの材料で「チホクコムギ」に比較してかなり発病度が低いものが選抜された。

2) 赤かび病

古くは東海近畿農試、近年は九州農試において、赤かび病耐病性の遺伝研究が取り組まれた。他の耐病性と異なり、真性抵抗性が存在しない、環境によって著しく左

表8 北見農試におけるうどんこ病の系統選抜 (1985)

組 合 せ	発病度 (%)				
	0	1~5	6~15	16~25	26<
訓交1138 (Oregon/K58)	18	3	2	1	0
訓交1012 (K 35/チホク)	0	20	20	10	18
訓交1047 (K 49/ホロシリ//チホク)	0	14	19	18	9
親品種	Ore	ホロシリ	K 35	K 49	チホク
			K 58		

注：系統はいずれもF₄世代。
 網掛けは選抜系統を含むグループ

右される形質であることから、解析の手法は他の病気と異なる。主要な成果として、選抜の効果、ダイアレル分析、半数体倍加系統による分離比の検定等の結果がある。抵抗性の異なる品種間の交雑3組合せを用い、 F_2 および F_3 世代の選抜効果を検討したところ、選抜と無選抜に大きな差異が認められず選抜効果はきわめて小さかった。強弱5品種の総当たり交雑、 F_1 を用いてダイアレル分析したところ、 F_1 は両親の間に位置し単純な相加一優性モ

デルが適用可能な範囲であったが、系列により共分散が分散に比較して小さいものがあり、組合せによって抵抗性、罹病性に関与する要因が異なる遺伝様式とみられた。強弱2品種間交雑の半数体倍加系統をハウス内で接種検定した結果では、抵抗性は2個の主動遺伝子と微動遺伝子に支配されると見られた。以上のように試験によって結果はまちまちであり、環境条件や材料により影響を受け易い形質といえる。

表9 北見農試における赤かび病系統選抜
(発病指数の組合せによる系統数頻度の違い、1996)

組 合 せ	発病指数			
	>1.0	1.1~1.5	1.6~2.0	2.1<
F 6 訓交 1952 (K 68/K 70)	2	4	5	5
F 5 訓交 2048 (ホクシン/K 68)		9	10	9
F 4 訓交 2135 (K 64/K 71)	11	42	30	41
親品種	K 70	ホクシン K 64	K 71	K 68 チホク

注：網掛けは選抜系統を含むグループ
訓交 2135 は前年に十勝農試で赤かび病で選抜。

1996年、北見農試で例外的に赤かび病が大発生した。そのときの系統選抜試験を表9に示した。3組合せの発病指数ごとの系統数の頻度を比較すると、組合せによって発病度のモードが明らかに異なる。すなわち抵抗性は遺伝的な様相を呈している。しかし北見農試では赤かび病に対しては解析はほとんどされていないに等しい。また選抜に対しても一部の材料を除いてほとんど手が回っていない状況である。今後の課題である。

「チホクコムギ」に九州農試育成の赤かび病抵抗性系統「GW-1」「GW-3」の抵抗性を導入することを行なった材料がある。十勝農試で自然発病下で選抜を繰り返し、素材が絞られた時点で接種検定により選抜を行なった。その結果、発病指数が「タクネコムギ」並以上の系統を2系統作出することができた。これらの系統は他の農業特性がまだまだ不十分で、さらに戻し交雑が必要な段階にある。良質・安定・多収系統を交配し次のステップにやっと進んだところである。

おわりに

北見農試では「チホクコムギ」の育成後、「チホクコムギ」の良質性を維持し、冬枯れ、うどんこ病、赤かび病、穂発芽などの障害抵抗性を高めることを課題としてきた。そんななか「ホクシン」が誕生した。各種障害に対して確実に「チホクコムギ」よりレベルアップしたとみ

ている。しかし本品種はやっと実際栽培が始まったところであり、今後どんな障害が待ち受けているかしかない。育種は永遠の課題のように思われる。

引用文献

- 1) 土屋俊雄 (1982). 穂発芽の国際シンポジウムから。北海道立農業試験場資料, 15, 33.
- 2) 長内俊一 (1985). 道産小麦の安定生産条件(第2回)。北農, 52(4), 1.
- 3) 桑原達雄、前田浩敬 (1979). コムギの穂発芽抵抗性に関する研究。育種学雑誌, 30(別1), 26.
- 4) Nakatsu, S.; Miyamoto, H.; Amano, Y. (1996). Variation for α -amylase activity in Hokkaido wheat varieties. Pre-Harvest Sprouting in Cereals. 1995. CASJO, Japan. 411.
- 5) 中津智史 (1994). 小麦の低アミロ耐性の要因解析。北海道農業試験会議資料.
- 6) King, R.W. (1993). Manipulation of grain dormancy in wheat. Journal of Exp. Bot. 44, 1059.
- 7) Noda, K.; Mares, D.J. (1996). Pre-Harvest Sprouting in Cereals 1995. CASJO, Japan.
- 8) Anderson, J.A.; Sorrells, M.E.; Tanksley, S.D. (1993). RFLP analysis of genomic regions associated with resistance to preharvest sprouting in wheat. Crop

- Sci. 33, 453.
- 9) Sorrells, M.E.; Anderson, J.A. (1996). Quantitative trait loci associated with preharvest sprouting in white wheat. Pre-Harvest Sprouting in Cereals 1995. CASJO, Japan. p137.
- 10) Osanai, S.; Amano, Y. (1993). Selection of tolerant lines to low temperature germinability in wheat. Pre-Harvest Sprouting in Cereals 1992. AACC, USA 76.
- 11) Osanai, S.; Amano, Y. (1996). Selection for tolerance to low temperature germinability in winter wheat. Pre-Harvest Sprouting in Cereals. 1995. CASJO. Japan. p239.
- 12) Amano, Y.; Tsuchiya, T. (1993). Expression of seed dormancy in relation to stage of grain development and germination temperature. Pre-Harvest Sprouting in Cereals 1992 AACC, USA: p319.
- 13) 中川元興他(1960). 麦類赤かび病抵抗性育種に関する研究. 麦類総括会議資料. 東海近畿農試.
- 14) Ban, T. (1996). Genetic analysis of *Fusarium* head blight resistance using wheat doubled haploids. *Fusarium* Head Scab Workshop. CIMMYT(in press).
- 15) Johnson, R. (1978). Practical breeding for durable resistance to rust diseases in selfpollinating cereals. *Euphytica*. 27, 529.
- 16) Johnson, R. (1992). Past, present and future opportunities in breeding for disease resistance, with examples from wheat. *Euphytica*. 63, 3.
- 17) Oku, T. (1987). Physiologic races of *Erisiphe graminis* f. sp. *tritici* in Japan. 日植病報. 53, 470.
- 18) Oku, T. (1991). Seedling reaction of wheat cultivars to six races of Powdery mildew from Japan. 日植病報. 57, 351.