

## 大麦網斑病における幼苗検定法の確立と抵抗性品種の検索

佐藤 和広・武田 和義

### 緒 言

大麦網斑病は糸状菌の1種である *Pyrenophora teres* Drechs. の感染によって葉身、葉鞘等に網目状の病斑を生じ、子実の登熟低下によって減収すると共に、ビールオオムギにおいては醸造品質であるエキス分が低下する重要病害である。本病害は世界各地のオオムギ栽培地帯のうち主として温暖・湿潤な地域に分布しており (Shipton *et al.* 1973), 近年, 連作や灌漑によって被害が増大しつつある (Mathre 1982)。我国においては従来からその存在が確認されていたものの, 登熟後期の活性の衰えた葉に生じる病害として重要性は認識されていなかった。しかし, 最近, 北海道, 鳥取県, 鹿児島県などのビールオオムギ栽培地帯で局所的な激発事例が確認されている (佐藤, 未発表)。

本病害に対する防除法としては種子消毒ならびに殺菌剤の茎葉撒布が有効であるが, その効果は完全ではない。また, 茎葉撒布はコストが高く, 環境汚染の問題もあるので, 最も有効で経済的かつ安全な防除法は抵抗性品種を栽培することと言って良い。従来, 本病害の積極的な抵抗性育種は行われていなかったが, 最近では抵抗性を有する品種も育成されている (Metcalf 1987)。

抵抗性品種を育成するためには, 遺伝資源ならびに雑種後代を効率よく評価, 選抜するための検定方法を確立しなければならない。本病抵抗性の検定方法としては幼苗検定法, 圃場検定法等が考案されて広く用いられているが (Buchannon and McDonald 1965, Holtmeyer and Webster 1981), 環境条件の変化によって抵抗性が変動する事例が報告されているので (Khan and Boyd 1970, Tekauz 1986), 抵抗性を確実に評価するための安定した検定条件を設定する必要がある。

抵抗性に関する遺伝資源については Schaller and Wiebe (1952), Dessouki *et al.* (1965) および Buchannon and McDonald (1965) 等がそれぞれ数千品種を評価し, 中国東北部, トルコおよびエチオピアなどに抵抗性の遺伝資源が豊富であると報告している。それらの品種のいくつかについては, 抵抗性の遺伝子分析が行われており (Bockelman *et al.* 1977, Davis *et al.* 1990), 本病抵抗性育種の交配親として使用されている (Tekauz and Buchannon 1977, Moseman and Smith 1985)。

岡山大学資源生物科学研究所大麦系統保存施設は世界的にも貴重な東アジアの遺伝資源

をはじめ五千余の保存品種を有するが、著者らは大麦網斑病の幼苗検定法を確立し、これらの品種の抵抗性を評価したので報告する。

## 材料および方法

### 1. 接種源および接種方法

オオムギの罹病葉から分生子を単孢子分離して培養し、冷蔵保存した菌株を接種源として用いた。プラスチック製ペトリ皿に V-8 培地 (V-8 ジュース200ml, CaCO<sub>3</sub> 3g, 寒天15gおよび水800ml) を20mlづつ分注した平面培地に菌そう片を置床して、ブラックライト (東芝製, 波長域300~400nm) 照射と暗黒を12時間おきに繰り返し, 25±6℃の日変温条件下で14日間培養を行って分生子を形成させた (佐藤・武田 1991a)。ペトリ皿に少量の滅菌水を加え, 菌そう表面を筆でこすって分生子を採取し, 二重のガーゼでろ過して菌糸や培地片等を除去した後に, 150倍の顕微鏡1視野あたり5~10個になるように孢子濃度を調製した。この孢子懸濁液に展着剤として Tween-20を100mlあたり1滴加え, 植物体に噴霧接種した。接種した材料は特に断らないかぎり相対湿度95~100%, 20℃前後の接種室内に2日間置き, その後は20℃前後のガラス室内で育成して, 接種後2週目頃に発病程度を Tekauz (1985) の病斑指数によって1 (褐点) ~10 (枯死) の10段階で評価した。

### 2. 発病程度の変動要因

#### (1) 発病温度

北育17号, ほしまさり, OUC613 および OIJ799の4品種を15×6×10cmのプラスチック製シードリングケースに4個体づつ養成し, 北海道, 関東およびカナダで採取した13菌株の分生子を2葉期に接種したのち, 10, 15, 20, 25および30℃に制御したグロースチャンパーで発病させて病斑指数を調査した。光の条件は日長12時間, 照度約20,000luxとした。各箱に4品種づつ養成し, 各菌株に2箱づつあてて反復とした。

#### (2) 施肥量

発病程度に対する肥料条件の影響を検討するために, 化成肥料 (N, P, K 各15%) をそれぞれ0, 0.5, 1.0, 1.5および2.0g混和した川砂をいれた前述のシードリングケースに, 上記のオオムギ4品種各4個体を養成し, 2葉期に2菌株(K105, WRS102)を接種して病斑指数を調査した。1箱1反復として3反復を設けた。

#### (3) 葉齢

岡山大学資源生物科学研究所大麦系統保存施設が有するオオムギ2,230品種を培養土をつめた育苗箱に1箱40品種づつ養成し, 2葉期に接種して病斑指数を調査した材料に再度4葉期に接種して病斑指数を調査し, 発病程度の品種変異が2葉期と4葉期で平行であるかどうかを検討した。菌株K105を用い, 1区5個体として反復は設けなかった。

### 3. 抵抗性の評価

#### (1) 検定精度

二・六条性, 皮・裸性等の主要形質において異なる世界各地のオオムギ41品種を培養土をつめた育苗箱で養成し, 2葉期に菌株K105を接種して個体別に病斑指数を調査した。1

箱1反復，1区5個体として4反復を設けた。

## (2) 抵抗性の品種変異

岡山大学資源生物科学研究所大麦系統保存施設が保有するオオムギ5,102品種の抵抗性を評価した。実験は1990年1月から4月にかけて行った。培養土をつめた育苗箱に1箱40品種ずつ養成し，2葉期に菌株K105を接種して病斑指数を調査した。1区5個体として反復は設けなかったが，各箱に標準品種として北育17号とほしまさを各々10個体ずつ養成した。

## (3) 同質遺伝子系統対における抵抗性の差異

岡山大学資源生物科学研究所大麦系統保存施設が保有する同質遺伝子系統対のうち二・六条性を異にする123対246系統と，皮・裸性を異にする35対70系統を培養土をつめた育苗箱に養成し，2葉期に3菌株(K105, WRS102, WRS1581)を接種して病斑指数を調査した。1区5個体として反復は設けなかったが，各箱に上記2標準品種を各々10個体ずつ養成した。

# 結 果

## 1. 発病程度の変動要因

### (1) 発病温度

病斑指数に関する分散分析表(Table 1)によると温度，菌株，品種の主効果はいずれも有意で，温度，菌株および品種によって発病程度は有意に異なることが明らかにされた。しかし，主効果の分散成分を比較すると品種(6.44)が最も大きく，菌株の効果(2.71)もかなり大きい。温度の分散成分(0.12)はこれらに比較して極めて小さかった。また，交互作用は誤差に比べるとすべて有意と認められたが，温度×菌株の交互作用は温度×菌株×品種の交互作用に比べれば有意でなかった( $F=1.42$ ,  $p=0.05\sim 0.10$ )。Fig. 1にはそれぞれの温度における各品種の発病程度を13菌株の平均値で示した。北育17号とOUC613は25℃で発病程度が最大となるのに対し，ほしまさりでは15℃で最大になるなど，品種によって抵抗性の温度反応に差が認められた。しかし，供試4品種の範囲内では各温度における品種の抵抗性の序列に変化はなかった。

Table 1. Analysis of variance for disease ratings to *P. teres* isolates under different growing temperature after inoculation

Factor	df	MS	Variance component
Temperature(T)	4	13.36**	0.12
Isolate(I)	12	60.91**	2.71
Variety(V)	3	430.37**	6.44
T×I	48	1.53**	0.11
T×V	12	6.56**	0.42
I×V	36	6.28**	1.04
T×I×V	144	1.08**	0.26
Error	260	0.57	0.57

\*\* : Significant at the 1% level.

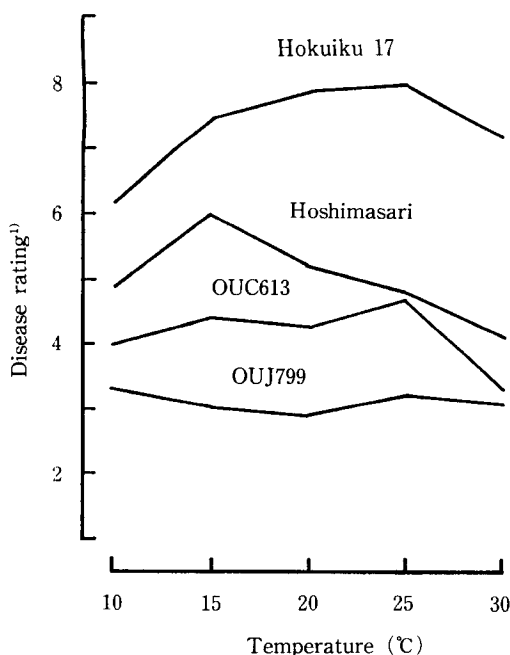


Fig. 1. Varietal response for disease ratings to the means of 13 *P. teres* isolates under different growing temperature after inoculation.

<sup>1)</sup>: After Tekauz (1985) from 1 (resistant) to 10 (very susceptible).

## (2) 施肥量

各品種の各施肥水準におけるK105とWRS102菌株による病斑指数の平均値を Table 2 に示す。品種間差異は明瞭であり、また施肥量が多い区で発病程度が高い傾向が認められた。Table 3 の分散分析表によると、主効果のうち施肥量と品種が有意であったが、分散成分で見ると品種の効果だけが大きく、施肥量による変動は実用的には無視できるとみられた。供試 2 菌株の病原力には有意差が認められなかった。また、交互作用では施肥量×菌株ならびに菌株×品種が有意となったが、その分散成分は小さかった。施肥量×品種の交互作用は有意でなく、品種の抵抗性は施肥量に変化しても平行的に発現するとみられた。

Table 2. Disease ratings to *P. teres* isolates under different fertilizer level

Fertilizer level (g/case)	Variety				Mean
	Hokuiku 17	Hoshi-masari	OUC613	OUJ799	
0	8.4 <sup>1)</sup>	4.9	2.7	2.5	4.6
0.5	8.6	5.5	3.2	2.4	4.9
1.0	8.8	5.7	3.6	2.8	5.2
1.5	9.0	6.0	3.5	3.2	5.4
2.0	9.0	6.1	3.8	2.9	5.5
Mean	8.7	5.6	3.3	2.7	5.1

<sup>1)</sup>: Disease ratings after Tekauz (1985) from 1 (resistant) to 10 (very susceptible).

Table 3. Analysis of variance for disease ratings to *P. teres* isolates under different fertilizer level

Factor	df	MS	Variance component
Fertilizer (F)	4	2.91**	0.24
Isolate (I)	1	0.12	0
Variety (V)	3	223.39**	22.19
F×I	4	1.01**	0.21
F×V	12	0.19	0.01
I×V	3	1.66**	0.30
F×I×V	12	0.17	0
Error	80	0.17	0.17

\*\* : Significant at the 1% level.

### (3) 葉齢

世界各地から取り寄せたオオムギ2,230品種について2葉期と4葉期の発病程度を比較したところ、病斑指数の平均値は2葉期で4.84、4葉期で4.48と4葉期の方が有意に低いもの(t=17.3)、両者には0.917の高い正の相関関係が認められた(Table 4)。また、品種分散は2葉期で6.20、4葉期で5.20と2葉期の方が大きかった。

Table 4. Correlation table for disease ratings to *P. teres* inoculated at second or fourth leaf stage

Disease ratings for fourth-leaf stage	10					1	8	32	6	
	9					21	41	69	2	
	8				4	37	65	35	1	
	7			27	38	122	63	19		
	6		9	46	39	36	14			
	5		8	42	107	53	51			
	4	1	32	91	63	36	1			
	3	11	193	119	67					
	2	2	190	156	90	1				
	1	59	80	42						
n=2,230	1 <sup>1)</sup>	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Disease ratings for second-leaf stage									

r=0.917\*\*\*, Significant at the 0.1% level.

<sup>1)</sup> : After Tekauz (1985) from 1 (resistant) to 10 (very susceptible).

## 2. 抵抗性の評価

### (1) 検定精度

各品種とも1区5個体4反復で20個体を供試したが、一部の区に欠株を生じ、実際に調査できたのは17~20個体であった。各品種の病斑指数の平均値と標準偏差を Fig. 2に示す。平均値は1.3~10.0、標準偏差は0~0.97まで変異した。病斑指数の下限および上限で

ある1および10に近づくほど必然的に標準偏差は小さくなり、北育17号および北育18号では全個体が指数10で標準偏差は0となった。これらを除外とすれば、一般に病斑指数の個体単位の誤差標準偏差は0.5~1.0とみられる。

次にプロット単位の平均値によって分散分析を行ったところ (Table 5), 反復 (育苗箱) 間差異も有意ではあったが、品種間差異はさらに明瞭で、分散成分から推定した病斑指数のプロット単位の遺伝率は0.98と極めて高かった。

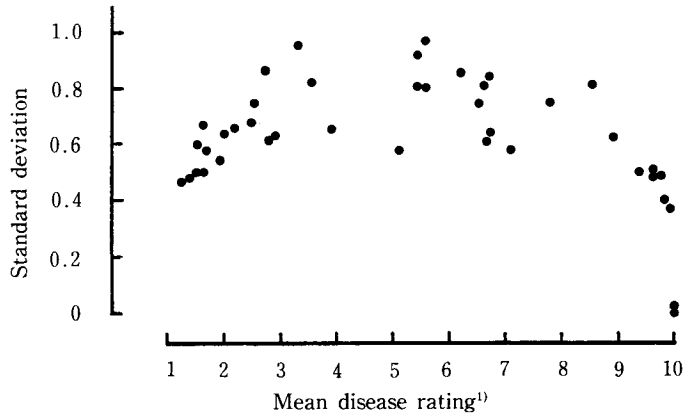


Fig. 2. Mean and standard deviation of disease ratings for 41 barley varieties.

<sup>1)</sup> : After Tekauz (1985) from 1 (resistant) to 10 (very susceptible).

Table 5. Analysis of variance for disease ratings to *P. teres* in 41 barley varieties

Factor	df	MS	Variance component
Variety	40	37.84**	9.41
Replication	3	1.30**	0.03
Error	120	0.21	0.21

\*\* : Significant at the 1% level.

## (2) 抵抗性の品種変異

菌株K105に対する栽培オオムギ5,102品種の抵抗性の変異を品種の取り寄せ先別に Table 6 に示す。いずれの地域においても品種の抵抗性は連続的な変異を示した。また、品種全体では抵抗性が比較的強い品種の割合が高かった (Fig. 3 a)。

病斑指数の平均値が低い地域はエチオピア (2.66), 次いで朝鮮半島 (3.27) であり、両地域とも抵抗性の弱い品種の割合が低かった。発病程度の平均値が高い地域はヨーロッパ (6.03), 次いでトルコ (5.66) および西南アジア (5.37) であり、これらの地域には抵抗性の強い品種も多数存在するが、病斑指数7以上の抵抗性の弱い品種の割合が高かった。

我国の品種では二条品種の抵抗性が弱く (Fig. 3 b), 特にビールオオムギの抵抗性が弱かった。また、ネパール品種は抵抗性と罹病性の両極に分離し、低地に多い皮麦には抵抗性と罹病性の両方が存在するが、高地に多い裸麦のほとんどは抵抗性である点が注目された (Fig. 3 c)。

Table 6. Regional variation for disease ratings to the isolate K105 of *P. teres*

Regions	No. of varieties for disease ratings <sup>1)</sup>										Mean disease ratings	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		Total
Japan	52	144	191	78	104	51	57	32	55	17	781	4.32
Korea	86	125	124	41	40	22	29	15	9	0	491	3.27
China	20	36	47	21	31	16	16	12	4	2	205	4.06
Nepal	52	75	45	14	14	2	20	29	41	8	300	4.32
S.W. Asia	31	93	79	30	47	27	83	63	89	11	553	5.37
Turkey	19	64	119	71	106	87	176	93	82	17	834	5.66
North Africa	23	60	81	45	24	13	21	10	14	0	291	3.84
Ethiopia	74	484	258	89	31	16	15	4	2	1	974	2.66
Europe	9	53	74	42	49	32	73	51	107	33	523	6.03
Others	11	30	23	15	15	9	20	18	9	0	150	4.63
Total	377	1,164	1,041	446	461	275	510	327	412	89	5,102	4.38

<sup>1)</sup> : Disease ratings after Tekauz (1985) from 1 (resistant) to 10 (very susceptible).

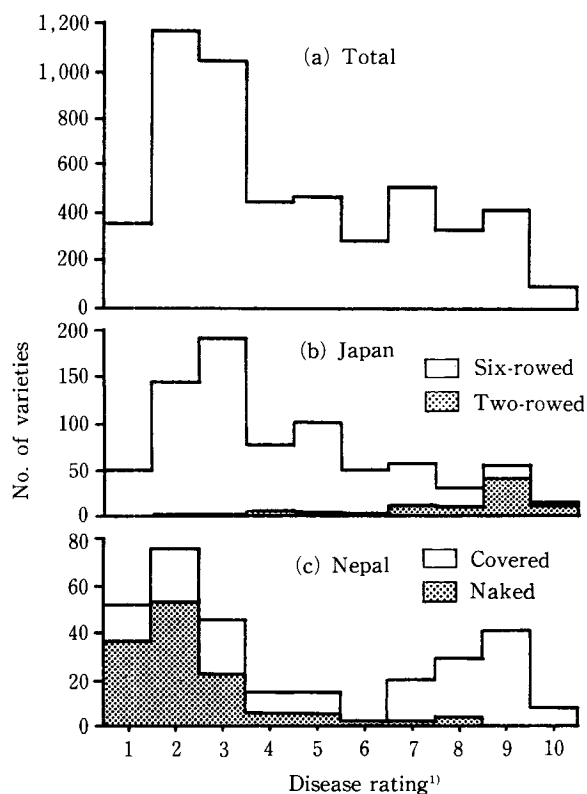


Fig. 3. Selected varietal variation for disease ratings to the isolate K105 of *P. teres*.

<sup>1)</sup> : After Tekauz (1985) from 1 (resistant) to 10 (very susceptible).

供試品種を主要形質によって分類し、皮・裸性 (5,102品種)、二・六条性 (5,102品種)、春・秋播性 (4,262品種のみ検定)、小穂脱落性の西型と東型 (2,417品種のみ検定) について抵抗性の程度を比較した結果を Table 7 に示す。その結果、皮・裸性による抵抗性の差異は統計的に有意でなかったが、二条品種は六条品種よりも明らかに抵抗性が弱く、秋播性品種は春播性品種よりも抵抗性が弱かった。また、発病程度の平均値の差は0.50にすぎないが、小穂脱落性西型の品種では東型の品種より有意に抵抗性が弱かった。

Table 7. Difference of mean disease ratings to *P. teres* between a set of character pairs

Character	No.	Mean	t-value	
Hull type	Covered	4,083	4.41 <sup>1)</sup>	1.45
	Naked	1,019	4.28	
Row type	Six-row	3,804	3.98	20.00**
	Two-row	1,298	5.56	
Growth habit	Autumn	2,978	4.59	11.89**
	Spring	1,284	3.62	
Rachis brittleness	West	1,281	4.80	4.76**
	East	1,136	4.30	

\*\* : Significant at the 1% level.

<sup>1)</sup> : Disease ratings after Tekauz (1985) from 1 (resistant) to 10 (Very susceptible).

次にこれらの4形質のすべてのデータが揃っている2,238品種を、4形質の組み合わせで16タイプ (2<sup>4</sup>) に分類し、病斑指数の平均値を比較したところ (Table 8)、品種のタイプによって抵抗性の程度が異なることが明らかにされた。すなわち、二条・春播・西型・皮性で我国のビールオオムギに典型的な品種群 (367品種) では病斑指数の平均値が6.38と高いが、六条・秋播・東型で我国の在来品種に典型的な品種群 (397品種) では3.31と低く、病斑指数で3点以上の差が認められた。

Fig. 4 には両品種群の病斑指数の分布を示した。二条・春播・西型・皮性の品種群は病斑指数7および9に大きなピークを持つ変異を示し、Fig. 3 aに示した品種全体の変異とは抵抗性と罹病性の品種の割合が逆転した (Fig. 4 a)。六条・秋播・東型の品種群は2から3にピークを持つ連続的な変異を示して罹病性の品種の割合が低く、群内の皮性品種と裸性品種の頻度分布は相互に近似していた (Fig. 4 b)。

また、前述のように供試品種全体では皮・裸性による抵抗性の差異は認められなかったが (Table 7)、形質の組み合わせによって品種をグループ分けしてみると、皮・裸性によって大きな差異が認められる場合が多かった (Table 8)。

このような品種のタイプによる抵抗性の差異が、それぞれの形質を支配する遺伝子の副次的な効果によるものかどうかを知るために、二・六条性を支配する *V/v* 遺伝子に関する同質遺伝子系統123対246系統と、皮・裸性を支配する *N/n* 遺伝子に関する同質遺伝子系統35対70系統に、菌株K105, WRS102およびWRS1581を接種して対立形質間で発病程度を比較した結果を Table 9 に示す。



Table 8. Mean disease ratings to *P. teres* (bold) and No. of varieties (roman) in classified character groups

Total <b>4.52</b> <sup>1)</sup> 2,238								
Row type	Six-row <b>4.12</b> 1,755				Two-row <b>5.98</b> 483			
Growth <sup>2)</sup> habit	Spring		Autumn		Spring		Autumn	
	<b>4.30</b>	1,220	<b>3.69</b>	535	<b>6.12</b>	436	<b>4.66</b>	47
Rachis brittle-ness	East	West	East	West	East	West	East	West
	<b>4.62</b>	<b>3.96</b>	<b>3.31</b>	<b>4.78</b>	<b>5.54</b>	<b>6.20</b>	<b>5.00</b>	<b>4.64</b>
	634	586	397	138	48	388	3	44
Covered	<b>3.91</b>	<b>4.11</b>	<b>3.20</b>	<b>4.85</b>	<b>5.88</b>	<b>6.38</b>	<b>5.00</b>	<b>4.45</b>
	368	518	253	134	33	367	3	42
Naked	<b>5.59</b>	<b>2.85</b>	<b>3.52</b>	<b>2.25</b>	<b>4.80</b>	<b>2.95</b>	—	<b>8.50</b>
	266	68	144	4	15	21	0	2

<sup>1)</sup> : Disease ratings after Tekauz (1985) from 1 (resistant) to 10 (very susceptible).

<sup>2)</sup> : Classified by vernalization requirement, Spring; 1 to 2, Winter; 3 to 6, respectively.

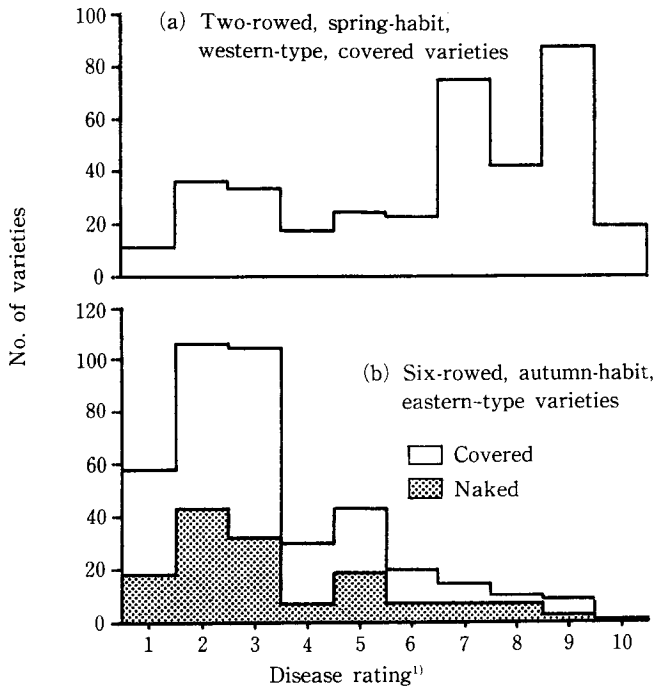


Fig. 4. Varietal variation in classified character groups for disease ratings to *P. teres*.

<sup>1)</sup> : After Tekauz (1985) from 1 (resistant) to 10 (very susceptible).

Table 9. Difference of disease ratings to *P. teres* isolates between isogenic pairs for morphological characters

Character	No.	Isolate			
		K105	WRS102	WRS1581	
Row type	Six-row	123	4.0 <sup>1)</sup>	5.0	4.2
	Two-row	123	4.3**	5.1	4.3
Hull type	Covered	35	2.1	3.5	2.8
	Naked	35	2.1	3.4	2.8

\*\* : Significant at the 1% level.

<sup>1)</sup> : Disease ratings after Tekauz (1985) from 1 (resistant) to 10 (very susceptible).

二・六条性に関しては菌株K105に対する反応に有意差が認められたが、病斑指数の平均値の差異は0.3にすぎず、他の2菌株においては有意差が認められなかった。一方、皮・裸性に関しては、いずれの菌株においても有意差が認められず、*N/n* 遺伝子は抵抗性に副次的効果を及ぼさないとみられた。

## 考 察

### 1. 接種条件

一般に糸状菌による発病程度に影響する環境要因としては(1)発育段階、前歴など宿主の生理的条件、(2)孢子濃度など病原菌の条件、(3)温度・湿度などの発病条件が考えられる。本研究では、発病温度、施肥量、宿主の発育段階(葉齢)について検討した。

その結果、接種後の温度によって発病程度は統計的に有意に変化するが、オオムギが正常に生育し得る15~25℃の範囲では病斑指数の変動が±0.5以下であり(Fig. 1)、接種後の温度条件は発病程度に重大な影響を与えないことが明らかにされた。従って、接種後の温度は20℃前後に保てば良いと考えられる。なお、Khan and Boyd (1970)は宿主を高温で養成すると抵抗性が增大する事例を報告しているため、著者らは宿主の前歴の影響を小さくするために接種前も20℃前後を保つようにしている。

一般に窒素肥料を多く与えると植物の組織が軟弱になり、また体内の可溶性窒素化合物が多くなって病気に侵され易くなることが知られている。そのため、抵抗性を評価する際には窒素肥料を多めに与えて宿主の感受性を高めておくのが普通である。本研究では川砂を使って無肥料からかなりの多肥条件まで5段階を設定したが、発病程度は施肥量の水準によってほとんど変化しなかった(Table 2)。その理由としては、病斑指数で評価される幼苗の抵抗性が、いわゆる真正抵抗性で環境変異が小さいこと、ならびに接種時における宿主が2葉期と若く、主として胚乳の貯蔵養分に依存して生育しているため、施肥量の水準に応じた生理的な変化が少ないこと等が考えられる。また、本研究では三要素のそれぞれを同一の割合で変化させているために、多肥区においても窒素だけが増加したわけではないので、窒素施肥量だけを変えた実験が必要と考えられる。いずれにしても、2葉期と

いう若い宿主に接種する限り、発病程度は施肥量によってそれほど変動しないとみて良い。

宿主の葉齢については、一般に生育段階が進むほど抵抗性が增大する傾向があり、それは表皮細胞の機械的強度や生体内成分の変化と関連しているとみられる。大麦網斑病においても幼苗期よりも出穂期の抵抗性が增大する事例が報告されている (Khan and Boyd 1970, Tekauz 1986)。

本研究においては病斑指数の平均値が2葉期の4.84に対して4葉期では4.48と有意な差があり( $t=17.3$ )、葉齢が進むと抵抗性が增大する傾向が認められるものの、Table 4 に示されるように、2葉期と4葉期における発病程度は極めて平行的で、しかも品種分散はむしろ4葉期(5.20)よりも2葉期(6.20)で大きく、品種変異をとらえ易いとみられた。従って、実験が短期間で済み、しかも葉身の繁茂が少なく調査が容易な2葉期の方が幼苗検定に適していると言える。

## 2. 検定精度

本実験における病斑指数の1区4~5個体によるプロット単位の誤差分散は0.17~0.57で、その誤差標準偏差は0.4~0.8であった(Table 1, 3, 5)。ちなみにそれぞれの実験において品種分散と誤差分散から推定されるプロット単位の遺伝率は、Table 1では0.92、Table 3では0.99、Table 5では0.98といずれも高く、抵抗性の品種変異は極めて確実な遺伝形質とみて良い。

一方、雑種集団など個体単位で抵抗性を評価する場合を想定して個体間の誤差変異を検討すると、Fig. 2に示されるように標準偏差は一般に0.5~1.0の値を示した。また、標準品種として約950個体を供試したほしまさり(平均値6.3)の標準偏差は1.08、北育17号(平均値9.3)では0.59とFig. 2の範囲とはほぼ一致した。従って、抵抗性の個体判定にあたっては、病斑指数で1~2点の差異があれば有意差があるとみて良い。

## 3. 抵抗性の品種変異

岡山大学資源生物科学研究所大麦系統保存施設が保有する世界各地のオオムギ5,102品種に菌株K105を接種したところ、その病斑指数は2~3に大きなピークを持つ連続的な変異を示した(Fig. 3 a)。これは菌株K105に対する品種の抵抗性が単純な主働遺伝子だけに支配されているのではないことを示している。

宿主と病原菌は共進化の関係にあり、それぞれの菌株はその地域に分布している宿主に病原性を持たなければ生存できない。本実験に供試したK105は北海道の春播ビールオオムギの病斑から採取された菌株であるが、我国のビールオオムギは系譜的にヨーロッパの二条品種と密接な関係があり東亜の六条品種とはほとんど関係がないので、Table 6に示されるように菌株K105に罹病性の品種がヨーロッパに多く、東亜に少ないことは理解しやすい。また、北アフリカおよびエチオピアには抵抗性品種が多く、これらがヨーロッパの二条品種とは遠縁であることが示唆された。一方、トルコおよび西南アジアには罹病性品種が多かった。

Scaller and Wiebe (1952), Dissouki *et al.* (1965) および Buchannon and McDonald (1965) も広範な材料を用いて網斑病抵抗性遺伝資源を探索し、中国東北部、トルコおよびエチオピアと北アフリカに抵抗性品種が多いと報告しているが、大麦網斑病菌には病原

性が分化しているので(佐藤・武田 1991b), 品種の抵抗性は用いる菌株によって異なると考えなければならず, これらの報告は普遍的な結論とは言えない。

Table 6 に示される地域別の品種変異からはいずれの地域にも抵抗性の品種と罹病性の品種が分布しており, その割合は地域によって異なるとみられるが, 主要形質によって品種を分類して発病程度を比較すると, 品種のタイプによって抵抗性が異なるという興味深い事実が明らかにされた。

品種を皮性と裸性に分けた場合, 5,102品種の全体でも抵抗性に有意差が無く (Table 7), また皮・裸性の同質遺伝子系統35対70系統の比較でも有意差がなかった (Table 9)。従って皮・裸性を支配する  $N/n$  遺伝子の副次的な効果としても, また, 皮品種群と裸品種群の全体的な遺伝的背景としても網斑病抵抗性には差異がないとみられた。ただし, 春播性で小穂脱落性西型の品種群では裸品種の抵抗性が明らかに強く (Table 8), またネパールから採取した品種群についてみれば冷涼な高地に適応した裸品種の抵抗性が明らかに強い (Fig. 3c) など, 特定のタイプまたは地域の品種群では皮性と裸性の間で遺伝的背景が異なることが示された。

二条性と六条性の間では品種全体でも (Table 7), 4形質の組合せによるタイプ別で比較しても (Table 8), 二条品種の方が抵抗性が弱かった。Tekauz and Buchannon (1977) もカナダで六条品種よりも二条品種で発病が多いと報告している。しかしながら条性遺伝子  $V/v$  そのものは抵抗性にほとんど関与しないとみられる (Table 9) ので, Table 7 および 8 に示される差異は二条品種と六条品種の遺伝的背景の相違によるものとみられ, 両品種群の系統発生的な相違が暗示される。

播性による抵抗性の差異は品種全体でも明瞭で (Table 7), タイプ別の比較でもほとんど例外なく春播性品種の方が弱かった (Table 8)。春播性を支配する遺伝子は  $sh$  (第4染色体),  $Sh_2$  (第7染色体) および  $Sh_5$  (第5染色体) の3種類があり (Takahashi and Yasuda 1971), このすべてが網斑病抵抗性に多面発現あるいは連鎖による副次的効果を及ぼすとは考え難いので, 春播性品種において抵抗性が弱い理由は品種の遺伝的背景あるいは分布地域および作期と関連した生態的特性の差異に求められるであろう。

小穂脱落性による抵抗性の差異は品種全体としても明瞭でなく (Table 7), タイプ別に比較すると7つの比較のうち西型の方が弱いケースが3, 東型の方が弱いケースが4で (Table 8), いわゆる東亜型と西域型 (Takahashi 1955) の間には明瞭な差異は無いとみられた。

ヨーロッパや北米と同様に我国においても大麦網斑病はビールオオムギの主要病害である。前述のように六条・秋播性の東亜のオオムギ品種は抵抗性が強いが, ビールオオムギの網斑病抵抗性の育種素材をこれらの品種に求めるとすれば, 条性, 播性, 小穂脱落性のすべてがビールオオムギとは異なっており, 実用的な品種を育成するには多大の育種努力を必要とするであろう。特に小穂脱落性が西型のビールオオムギ品種に東型の品種を交雑すると雑種世代の半数は脱落性となって選抜に重大な困難をきたす。そのような観点からは二条・春播・西型・皮性の品種の中に抵抗性の遺伝資源を見出す必要がある。

Fig. 4 a) に示されるように, このタイプの品種群にも抵抗性の品種が多く含まれているので, 発病程度が1の高度抵抗性品種を抽出してその主な特性をTable 10に示す。11品種中7品種がエチオピア原産であることが注目される。一般に長稈の品種が多く, また醸造特

性の改良には多大の育種努力が必要と考えられるが、これらの品種は我国のビールオオムギ品種の網斑病抵抗性育種の素材として利用できよう。

Table 10. Characteristics of net blotch resistant two-rowed, spring-sown, western-type, hulled varieties

Accession No.	Variety name	Origin	Heading	Culm length (cm)	1000 kernel weight (g)	Disease rating <sup>1)</sup>
OUI011	C. 155-39	India	Late	94	46	1
OUI636	Chazvin 2	Iran	Late	75	40	1
OUT462	Turkey 485	Turkey	Early	88	43	1
OUE133	Ethiopia 399 (CI9589)	Ethiopia	Medium	102	46	1
OUE446	Ethiopia 439 (CI9631)	Ethiopia	Early	111	47	1
OUE501	Ethiopia 604 (CI9825)	Ethiopia	Medium	114	43	1
OUE570	Mota 5	Ethiopia	Early	124	44	1
OUE580	Adi Abun 3	Ethiopia	Medium	97	47	1
OUE799	Ethiopia 599 (CI9820)	Ethiopia	Medium	106	48	1
OUE879	Adi Abun 1	Ethiopia	Early	86	47	1
OUA626	Hadostreng	Poland	Late	105	42	1

<sup>1)</sup> : Disease ratings after Tekauz (1985) from 1 (resistant) to 10 (very susceptible).

## 摘 要

大麦網斑病の幼苗検定法を確立して岡山大学資源生物科学研究所大麦系統保存施設の5千余の保存品種ならびに3百余の同質遺伝子系統について抵抗性の評価を行った。結果の概要は以下のとおりである。

1) 抵抗性の温度反応には品種間差が認められたが、オオムギの生育適温である15~25℃の範囲では発病程度の変動は少なく、品種の強弱の序列は温度によって変化しなかった。

2) 幼苗の抵抗性は施肥量によってほとんど変化しなかった。

3) 2,230品種を供試して2葉期と4葉期の抵抗性を評価したところ、両者には高い正の相関関係が認められた。また、品種変異は2葉期の方が大きく、実験期間も短くて済むことから、2葉期での検定の方が優れていると考えられた。

4) 1区4~5個体を評価した場合、発病程度のプロット単位の誤差標準偏差は0.4~0.8、個体間変異による誤差標準偏差は一般に0.5~1.0であり、発病程度はかなり安定した遺伝形質と考えられた。

5) 菌株K105を接種して5,102品種の抵抗性を評価した結果、抵抗性の側にピークを持つ連続的な変異が示された。取寄せ地域別に比較するとエチオピアおよび朝鮮半島に抵抗性の品種が多く、ヨーロッパ、トルコおよび西南アジアに罹病性の品種が多かった。またそれぞれの地域内でも、例えば日本の二・六条品種群間や、ネパールの皮・裸品種群間に抵抗性の明らかな差異が認められた。

6) 主要形質によって品種を分類しその抵抗性を比較したところ、六条より二条、秋播性よりも春播性、小穂脱落性東型よりも西型で抵抗性が有意に弱かった。また、ビールオ

オムギに典型的な二条・春播・西型・皮性の品種群では抵抗性が特に弱く、逆に六条・秋播・東型の品種群では強い傾向が認められた。さらに同質遺伝子系統対を用いて二・六条性および皮裸性について対立形質間の抵抗性を比較したところ明確な差異は認められず、遺伝子型間の抵抗性の差異は遺伝子の副次的な作用ではなく、品種の遺伝的背景によるものであることが確かめられた。

## 引用文献

- Bockelman H.E., E.L. Sharp and R.F. Eslick 1977. Trisomic analysis for genes for reaction to scald and net blotch in several barley cultivars. *Can. J. Bot.* 55 : 2142-2148.
- Buchannon K.W. and W.C. McDonald 1965. Sources of resistance in barley to *Pyrenophora teres*. *Can. J. Plant Sci.* 45 : 189-193.
- Davis M.P., D.E. Falk and J.D. Franckowiak 1990. Loci for disease and pest reaction. *Barley Genetics News* 1. 19 : 83-86.
- Dessouki, S.M., A.A. Mansour and M.I. Khalifa 1965. Genetic sources of resistance to net blotch of barley. *Agr. Res. Rev., Cairo* 43 : 47-52.
- Holtmeyer, M.G. and R.K. Webster 1981. A standardized method of rating the reaction of barley to *Pyrenophora teres*. *Pytopathology* 71 : 881.
- Khan, T.N. and W.J.R. Boyd 1970. Genetics of host resistance to net blotch in barley. *Barley Genetics* II.484-492.
- Mathre, D.E. 1982. Compendium of barley diseases. 22-24. APS Press, St. Paul, Minnesota.
- Metcalfe, D.R. 1986. Ellice Barley. *Can. J. Plant Sci.* 67 : 823-826.
- Moseman J.G. and D.H. Smith 1985. Germplasm resources. In 'BARLEY' (Rasmusson ed.) , 57-74. ASA, CSSA, SSSA Publishers, Madison, Wisconsin.
- 佐藤和広・武田和義 1991a. 大麦網斑病菌 (*Pyrenophora teres* Drechs.) の分生子形成に関する研究 II. 近紫外光照射下における日長、培地および温度の効果. *農学研究* 62 : 165-176.
- 佐藤和広・武田和義 1991b. 大麦網斑病抵抗性に関する研究 3. 病原性の分化 *育雑*41 (別1) : 412-413.
- Schaller, C.W. and G.A. Wiebe 1952. Sources of resistance to net blotch of barley. *Agron. J.* 44 : 334-336.
- Shipton W.A., T.N. Khan and W.J.R. Boyd 1973. Net blotch of barley. *Rev. Plant Pathology* 52 : 269-290.
- Takahashi R. 1955. The origin and evolution of cultivated barley. In 'Advances in Genetics, Vol. 7', 227-266. Academic Press, New York.
- Takahashi R. and S. Yasuda 1971. Genetics of earliness and growth habit in barley. *Barley Genetics* II : 388-408.
- Tekauz, A and K.W. Buchannon 1977. Distribution of and sources of resistance to biotypes of *Pyrenophora teres* in Western Canada. *Can. J. Plant Sci.* 57 : 389-395.
- Tekauz, A. 1985. A numerical scale to classify reactions to *Pyrenophora teres*. *Can. J. Plant Pathology* 7 : 181-183.

Tekauz, A. 1986. Effect of plant age and leaf position on the reaction of barley to *Pyrenophora teres*. Can. J. Plant Pathology. 8 : 380-386.

## **Establishment of a Seedling Test for Resistance to Net Blotch in Barley and a Search for Resistant Varieties**

Kazihiro SATO and Kazuyoshi TAKEDA

### **Summary**

A seedling test was developed and used to evaluate the resistance to net blotch of more than five thousand barley varieties preserved in the Barley Germplasm Center, Okayama University.

1) Disease ratings (Tekauz 1985) of varieties varied depending on the temperatures after inoculation. However, there was no change for rank of varietal resistance in the temperature range from 15 to 25°C, which covers the normal growing temperature for barley.

2) There was little variation in the level of seedling resistance of varieties under different levels of fertilizer application.

3) A high positive correlation was observed in the disease ratings obtained after second-leaf and fourth-leaf stage inoculations of the 2,230 barley varieties. Inoculation at the second leaf stage was superior to fourth leaf inoculation since it resulted in a wide range of disease ratings and required a shorter testing period.

4) The disease ratings observed appeared to be a stable genetic character since the error standard deviations were only 0.4 to 0.8 in plots and 0.5 to 1.0 in plants, when four or five plants per plot were tested.

5) The disease ratings of 5,102 varieties when tested with isolate K105 showed continuous variation with a mode in the resistant range. By comparing the average disease ratings for varieties from different regions, resistance was found to be higher in the Ethiopian and Korean barleys and lower in European, Turkish and South-east Asian types. However, there were obvious difference between varieties within a region, such as between two-rowed and six-rowed varieties from Japan and between covered and naked varieties from Nepal.

6) When varieties were classified into the principal morphological or physiological types of barley, the two-rowed, spring habit, and western-type in rachis

brittleness showed significantly lower levels of resistance than the contrasting types for each of these classifications. In particular, the group having two-rowed, spring-habit, western-type, covered characteristics, which was common among malting barley varieties had lower resistance, while a group of six-rowed, autumn-habit, naked barleys showed higher resistance. Comparisons using isogenic pairs for row-types and hull-types did not reveal any obvious differences between each pair, indicating that the differences between groups were not probably due to the pleiotropic or linkage effects of genes but to the different genetic backgrounds of these varieties.