

# 「ポット検定」法による大麦の高精度赤かび病抵抗性検定

吉田めぐみ\*・河田尚之・塔野岡卓司

## 抄 録

麦類の最重要病害である赤かび病は、発病が感染時の環境条件に大きく影響されるため抵抗性検定が難しい病害である。本研究では、精度の高い大麦の赤かび病抵抗性検定法として、ポット栽培した大麦の開花期の穂に病原菌を噴霧接種した後、温度・湿度条件を病原菌の感染・伸展に適した条件に制御する「ポット検定」法を開発した。本法による大麦の抵抗性評価は、切り取った開花期の穂に接種を行う「切り穂検定」、および圃場の開花期に接種し散水により発病を促す「圃場検定」による抵抗性評価と相関が高く（罹病性スコアの相関係数はそれぞれ $r = 0.77 \sim 0.82$ 、 $r = 0.68 \sim 0.74$ ）、また年次間でも抵抗性評価が安定しており（ $r = 0.79 \sim 0.89$ ）「ポット検定」法により精度の高い抵抗性検定が可能であった。

**キーワード**：赤かび病、大麦、抵抗性、検定法、ポット検定

## Abstract

Fusarium head blight (FHB), or scab, caused by several *Fusarium* species, is a widespread and destructive disease of wheat and barley. FHB resistance is difficult to evaluate because environmental conditions greatly influence FHB infection and development. To reduce environmental influence in such evaluations in barley, we developed a “pot-plant” method in which the spikes at the anthesis of barley varieties planted in plastic pots were spray-inoculated and hygrothermal conditions after inoculation were controlled to favor the pathogen’s infection and development. Degrees of barley resistance in this method correlated highly with those in the “cut-spike” method ( $r = 0.77 \sim 0.82$ ) and field tests ( $r = 0.68 \sim 0.74$ ), and year-to-year correlations were high ( $r = 0.79 \sim 0.89$ ), suggesting that the “pot-plant” method is useful in accurate, stable FHB resistance evaluation in barley.

**Key Words**: Fusarium head blight, scab, barley, resistance, testing method, “pot-plant” method.

## 緒 言

麦類の赤かび病は、穂に発生し、収量を低下させるだけでなく人畜に有害な毒素を産生する麦類の最重要病害である。本病は種々の *Fusarium* 属菌により引き起こされるが、一般に、日本も含め温暖な地域では *Fusarium graminearum* Schwabe [ teleomorph = *Gibberella zeae* (Schw.) Petch ] が優占種であると認められている (小泉ら 1993、Parry *et al.* 1995)。赤かび病菌は、腐生性が強い多犯性の病原菌であり、菌種間および菌株間で病原力の変異はあっても、宿主品種間や大麦・小麦の種間で抵抗性反応が異なるような寄生性の分化は認められていない (武田ら 1995、Miedaner 1997)。大麦、小麦のいずれにおいても本病に対する抵抗性程度には幅広い品種変異が認められるが (部田・日浦 1962、Gocho and Hirai 1987、武田・部田 1989、Miedaner 1997、Rudd *et al.* 2001)、その抵抗性は様々な機作が関与した量的形質であり (Kolb *et al.* 2001、坂 2002)、発病程度が感染時の環境条件に大きく影響されるために抵抗性検定が難しく、抵抗性育種を進める上で大きな障害となっている。

赤かび病菌の感染は開花期に最も起こりやすいことが知られており、主な感染経路として、空気中の胞子がまず葯や葯骸につき、そこから花粉を栄養源として菌糸が発育し、穎の内側表皮や子房に達し、感染侵入が始まると考えられている (西門 1958、Parry *et al.* 1995)。また赤かび病菌の感染・伸展には温暖湿潤な条件が必要とされ、*F. graminearum* の感染最適条件は25℃、湿度100%であり、温度・湿度条件の差異により発病程度が大きく影響を受けることが報告されている (西門 1958、小泉ら 1993、Parry *et al.* 1995)。このように赤かび病菌の感染・発病には、宿主側の穂の発育ステージと、温湿度条件とが大きく関与するため、出穂期の異なる品種の抵抗性を判定するには、感染時の穂の生育ステージをそろえ、その後の温湿度条件を菌の感染に適した条件にそろえる工夫が必要となる。

既存の赤かび病抵抗性検定法として、我が国では従来、温室栽培した麦類の開花期に赤かび病菌の胞子を噴霧接種し、散水・加湿する方法 (中川ら 1964、Gocho and Hirai 1987) や、ポット栽培した小麦の開花期に噴霧接種し、湿潤条件の温室に置く方法 (西門 1958) などが報告されているが、検定の安定性や品種の早晩性による罹病程度への影響等に関する検討は十分になされていない。武田・部田 (1989) は、開花期に切り取った大麦の穂に噴霧接種し後の温湿度条件を制御する「切り穂検定法」および、圃場に張り渡した縄に接種源を差し込み上から散水することにより接種する「噴霧圃場検定法」を開発した。両検定法間の抵抗性評価の相関は  $r = 0.6$  程度であり、評価の年次間の安定性についての検討は報告されていない。

海外においては、圃場に赤かび病罹病粒を感染源として散布しスプリンクラー散水を行う方法や、圃場栽培材料の開花期頃に噴霧接種を行い、スプリンクラー散水する方法などが実際の育種の現場で広く用いられているが、これらの方法では出穂期の差異が発病程度に影響するため、抵抗性評価の基準となる標準品種を検定材料とともに供試する必要がある (Rudd *et al.* 2001)。なお、これらの検定法の精度について詳細な検討がなされた報告はない。

本研究では既知の情報をふまえ、国内外の大麦品種・系統を材料に、精度の高い検定法の開発を試み、ポット栽培した大麦の開花期の穂に病原菌を噴霧接種した後、温度・湿度条件を病原菌の感染・伸展に適した条件に制御する「ポット検定」法を開発・実施するとともに、本方法と各種検定法における抵抗性評価の精度等について比較検討した。

なお本研究は、1999年8月から2002年9月までの期間に農業研究センターおよび作物研究所大麦育種研究室において行われたものである。本研究の一部は既に日本育種学会大会において講演発表した (吉田・河田 2000、吉田ら 2002)。

## 「ポット検定」法の開発および他の検定法との比較

### 1 材料および方法

#### 1) 供試材料

既に抵抗性程度が報告されている品種を含む、国内外の大麦品種・系統を検定に供試した。各年度において全ての検定法に共通して供試した品種・系統数は、1999、2000、2001年度でそれぞれ55、33、29であった。それらをまとめて表1に示す。供試材料は、既報の抵抗性判定を参考に、抵抗性程度の極強から弱の品種・系統を含むように選定を行った。また、日本の温暖地における抵抗性検定を前提とし、極端に秋播性程度の高い品種や極晩生の品種は除いた。いずれの年度においても国内の品種・系統が大部分であり、17~24%を海外の品種・系統とした。また二条と六条の品種・系統がほぼ半数ずつ含まれるようにし、41~47%を二条大麦品種・系統、残りを六条品種・系統とした。

#### 2) 接種源

赤かび病抵抗性検定の接種源として、農業研究センター（現中央農業総合研究センター）糸状菌病害研究室で保存されている赤かび病菌 *Fusarium graminearum* H-3菌株の分生胞子を用いた。

分生胞子懸濁液は以下の手順で作成し、噴霧接種源として用いた。シャーレに作成したオートミール寒天培地（オートミール粉末50g、しょ糖5g、粉末寒天15g/1）上に、25℃で10~20日間本菌を培養した培地片を、マングビーン液体培地（マングビーン（緑豆）20g/1の煮汁）中に移植し、室温および24h連続照明の条件下で1週間前後浸とう培養し（135回/分）分生胞子を大量形成させた。7000rpm、10分の遠心分離により培養液から胞子を回収し、蒸留水に懸濁して胞子濃度を  $5 \times 10^5$  個/mlに調整した。

#### 3) 「ポット検定」法

供試材料は、11月上旬に、6号硬質ポリエチレンポット（18cm径）に1鉢あたり6粒播種し、幼苗期に生育が不揃いの個体を間引きし1鉢あたり4個体植えとした。ポット植えした材料はビニールハウス内で栽培し、1月下旬より長日処理および夜温5℃以上を維持するための加温を行い出穂を促した。

なお、ポット培土には牛糞堆肥（窒素含量0.7%）7~11%と苦土石灰0.1%を容積比で混合した埴壤土を用い、播種後に化成肥料（N-P-K：6-9-6%）を基肥として鉢当たり3g、茎立ち後に追肥として鉢当たり2g（追肥は1999、2001年度のみ）それぞれ施用した。

赤かび病菌の接種は、2月下旬から3月下旬に気温20±5℃に加温したビニールハウス内で行った。正確に開花期の穂への接種を行うため、接種日に開花期に達したポットを順次選び、各ポットについて、穂の発育ステージが開花期にある穂を5~8本残して他の穂および無効分げつを地ぎわから切除した。午後4時以降に、穂全体が湿るように、ハンディタイプのスプレーを用い、各ポットにつき片側から2回および反対側から2回、分生胞子懸濁液を噴霧接種した。

接種後の検定材料は、ビニールハウス内に設置した湿室に約15時間置き、菌の感染を促した（図1）。湿室内は、超音波加湿器により湿度100%となるよう加湿した。翌朝検定材料を湿室から出し、感染回避を防ぐために、夕方再び分生胞子懸濁液の接種を行った。

接種の終了した検定材料は、ビニールハウス内で赤かび病の発病適温および高湿度条件に置き発病を促した。発病温度は、温風暖房による加温、ビニールハウス側面の開閉および気温25℃以上となった場合の30秒間ミスト状散水により、20±5℃に保った。また、吊り下げ式スプリンクラーにより5分毎に5秒間の断続的なミスト状散水を行い、穂の乾燥を防ぎビニール

表1-1 供試大麦品種・系統

系統 番号	品種・系統名 <sup>1)</sup>	条 性	皮 裸 性	並 渦 性	開・閉花 受粉性	既報の抵抗性程度 <sup>2)</sup>	全検定法 供試年度 <sup>3)</sup>			ポット開花期			圃場出穂期	
							1999	2000	2001	1999	2000	2001	2000	2001
1	アサヒ5号	2	皮	並	閉	極強(文献4)、強(文献2)				3/8	2/28	-	4/22	-
2	あまぎ二条(1)	2	皮	並	閉	やや強(文献1)				3/8	3/5	3/7	4/18	3/28
3	あまぎ二条(2)	2	皮	並	閉	やや強(文献1)				3/8	-	-	-	-
4	関東二条2号	2	皮	並	閉	極強(文献1、4)				3/19	-	-	-	-
5	関東二条32号	2	皮	並	閉					3/7	-	-	-	-
6	関東二条34号	2	皮	並	閉					3/7	-	-	-	-
7	さつき二条	2	皮	並	開	弱(文献1)				3/11	3/4	3/10	4/17	4/3
8	成城17号	2	皮	並	閉	やや強(文献1)				3/10	3/2	-	4/21	-
9	ダイセンゴールド	2	皮	並	閉	強(文献1)				3/12	3/5	3/6	4/15	4/3
10	タカホゴールド	2	皮	並	閉					3/7	-	-	-	-
11	筑系9318	2	皮	並	開					3/14	-	-	-	-
12	ニシノチカラ	2	皮	並	閉					3/9	-	-	-	-
13	新田二条16号	2	皮	並	閉					3/9	2/28	3/7	4/13	3/30
14	ニューゴールド	2	皮	並	閉	強(文献1)				-	-	3/13	-	4/19
15	ミカモゴールド	2	皮	並	閉					-	-	3/5	-	3/31
16	ミサトゴールド	2	皮	並	閉					3/9	3/2	3/3	4/12	3/31
17	吉系38	2	皮	並	開					3/7	3/2	3/6	4/15	3/27
18	関東二条29号	2	皮	並	閉					-	-	3/7	-	4/9
19	成城11号	2	皮	並	閉					-	3/7	-	4/20	-
20	CI 12445	2	皮	並	閉					3/15	-	-	-	-
21	CI 12775	2	皮	並	閉					3/15	-	-	-	-
22	Harrington	2	皮	並	開					-	-	3/9	-	4/16
23	Horní Peseky	2	皮	並	開	極強(文献4)				3/18	3/6	-	5/1	-
24	Imperial	2	皮	並	閉	極強(文献4) 強(文献2)				3/20	-	-	-	-
25	Kombainiesis	2	皮	並	閉	極強(文献4)				3/22	3/12	-	5/8	-
26	Maja	2	皮	並	開	極強(文献4)				3/19	3/14	-	5/13	-
27	Niedzica 1	2	皮	並	開	極強(文献4)				3/19	-	-	-	-
28	Sanalta	2	皮	並	閉	極強(文献4)				3/19	-	-	-	-
29	Svansota	2	皮	並	閉	極強(文献1、2、4)				-	-	3/11	-	4/19
30	独11号	2	皮	並	閉	極強(文献4) 強(文献2)				3/19	-	-	-	-
31	ハルビン二条	2	皮	並	閉	極強(文献4) 強(文献2)				3/14	3/11	-	5/4	-
32	露6号	2	皮	並	閉	極強(文献2、4)				3/16	3/14	3/13	5/9	4/19

1) 同じ品種・系統名でも入手先の異なるものは別系統として扱い、(1)(2) ...として区別した。

2) 文献1: Gocho and Hirai (1987)、文献2: 部田・日浦(1962)、文献3: Rudd *et al.* (2001)、文献4: 武田・部田(1989)。  
なお文献1を引用した抵抗性評価のうち一部は、文献中の接種試験データから著者が判断した評価である。

3) 各年度において、全検定法に共通して供試した品種・系統を 印で示した。



表1・2 供試大麦品種・系統

系統 番号	品種・系統名 <sup>1)</sup>	条 性	皮 裸 性	並 渦 性	開・閉花 受粉性	既報の抵抗性程度 <sup>2)</sup>	全検定法 供試年度 <sup>3)</sup>			ポット開花期		圃場出穂期		
							1999	2000	2001	1999	2000	2001	2000	2001
33	アサマムギ	6	皮	渦	開	やや弱(文献1)				3/17	-	3/8	-	4/11
34	イチバンボシ	6	裸	渦	開					3/9	3/3	3/7	4/13	4/4
35	カシマムギ	6	皮	渦	開	弱(文献1)				3/12	3/6	3/8	4/14	4/1
36	関係b316	6	皮	渦	開					3/16	-	-	-	-
37	関東皮6号	6	皮	渦	閉					3/11	3/6	3/5	4/22	4/8
38	キカイハダカ	6	裸	渦	開	やや強(文献1)				3/17	3/8	3/9	4/30	4/19
39	鴻系B4205	6	皮	並	開					3/16	3/8	-	4/23	-
40	鴻系RB3017-5	6	皮	渦	開					3/18	-	-	-	-
41	コピンカタギ	6	裸	渦	開	中(文献2)				-	3/10	-	5/1	-
42	サツキムギ	6	皮	渦	閉					3/9	-	3/9	-	4/1
43	サヌキハダカ	6	裸	渦	開	やや強(文献1)				3/17	3/7	3/7	5/1	4/18
44	シュンライ	6	皮	並	開					3/18	3/10	3/8	4/24	4/15
45	すずかぜ	6	皮	渦	やや開					3/18	3/9	3/9	4/26	4/12
46	関取埼1号	6	皮	渦	やや開					3/18	-	-	-	-
47	ダイシモチ	6	裸	渦	開					3/10	-	-	-	-
48	ドリルムギ	6	皮	渦	閉	弱(文献1)				3/12	-	-	-	-
49	ナトリオオムギ	6	皮	渦	開					3/19	-	-	-	-
50	東山皮94号	6	皮	並	開					3/13	3/6	3/7	4/20	4/6
51	東山裸99号	6	裸	並	開					3/17	-	-	-	-
52	べんけいむぎ(1)	6	皮	並	開	弱(文献1)				-	3/15	3/14	4/26	4/18
53	べんけいむぎ(2)	6	皮	並	開	弱(文献1)				-	3/12	-	4/27	-
54	べんけいむぎ(3)	6	皮	並	開	弱(文献1)				3/20	3/12	-	4/26	-
55	マサカドムギ	6	皮	渦	やや開					3/15	-	-	-	-
56	ミノリムギ(1)	6	皮	並	開	やや弱(文献1)				3/18	3/9	3/9	4/23	4/15
57	ミノリムギ(2)	6	皮	並	開	やや弱(文献1)				3/20	-	-	-	-
58	横綱	6	皮	渦	閉					3/16	3/10	3/8	4/27	4/14
59	関係b486	6	皮	並	開					3/8	3/2	3/4	4/10	3/30
60	関係b492	6	皮	渦	開					3/10	-	-	-	-
61	関東皮75号	6	皮	渦	開					3/8	-	-	-	-
62	白裸1号	6	裸	並	開	中(文献2)				-	-	3/9	-	4/15
63	北陸皮16号(1)	6	皮	並	開					3/18	-	-	-	-
64	北陸皮16号(2)	6	皮	並	開					3/20	-	-	-	-
65	Chevron Sel.	6	皮	並	開					-	3/11	-	5/3	-
66	Chevron(1)	6	皮	並	開	六条品種中では強(文献2、3)				3/15	3/8	3/11	4/29	4/11
67	Chevron(2)	6	皮	並	開	六条品種中では強(文献2、3)				-	3/8	-	5/2	-
68	Morex	6	皮	並	開					-	-	3/5	-	4/12

1)~3)表1・1と同一。

ハウス内湿度を70～100%（夜間は95%以上）に保った（図2）。

発病調査は、接種後1および2週間後の2回行い、各品種・系統について一部例外を除き3ポットを供試し反復とした。発病程度は、各ポ

ットごとに、そのポットにおける罹病穂のうち代表的と判断される発病程度の穂について、Ban and Suenaga (2000) による小麦の罹病程度判定基準を参考とし、達観観察による10段階の罹病性スコア（図3）を用いて評価した。なお、



図1 「ポット検定」に用いたビニールハウス内の湿室（デジタル写真）

注）中に接種後のポットが置かれた状態。加湿器は手前に見える1台と、奥にもう1台設置している。



図2 「ポット検定」におけるビニールハウス内のミスト状散水（デジタル写真）

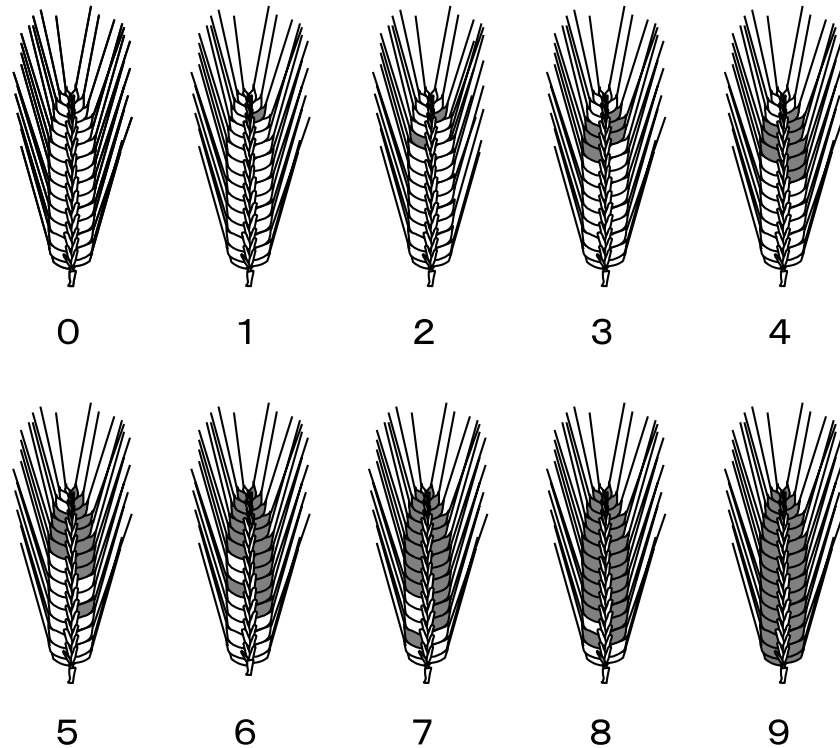


図3 罹病性スコアによる発病程度の評価

注) 罹病性スコア0：発病なし、1：1穂あたり1小花が罹病、2：1穂あたり2小花  
～1割程度の小花が罹病、3、4、5、6、7：それぞれ2～3、4、5、6、7～8割  
程度の小花が罹病、8：8割以上～10割未満の小花が罹病、9：全小花が罹病。

1ポット内における罹病穂の発病程度の差が大きく、そのポットにおける代表的な発病程度の穂を判断しかねる場合には、発病が十分でなかったと考えられる最も発病の軽微な穂を除き、残りの罹病穂の発病程度から、平均的と判断される罹病性スコアを求めた。

1999年度、2000年度のポット検定に供試した品種・系統のうち一部（それぞれ93、40品種・系統で、表1に示す以外の品種・系統も含む）についてはさらに、接種2週間後の調査後、速やかに各ポットの代表的な発病程度の穂をポット当たり3穂ずつサンプリングして罹病小花数を計測し、次の式により罹病小花率を算出した。

罹病小花率 = (表面積の3割以上が発病により変色した小花数 + 0.5 × 表面積の3割未満が発病により変色した小花数) / 総小花数

#### 4) 「切り穂検定」法

「切り穂検定」法は、武田・部田(1989)による方法を一部改変して行った。供試材料として、圃場栽培した大麦ではなく「ポット検定」

法と共通のポット栽培の大麦を用い、各品種・系統の開花期の穂を、穂首から40cm程度の部位で上位葉を2枚以上残して切り取り3穂を1組として束ねたものに、接種を行った。接種源として、子のう孢子懸濁液に代えて分生孢子懸濁液を用い、「ポット検定」法と同様、穂全体が湿るように、スプレーで片側から2回および反対側から2回、噴霧接種した。接種後の切り穂は、水道水を張ったプラスチックコンテナに立て、気温25℃、湿度100%、24h連続照明の接種箱に1日置き、菌の感染を促した。接種翌日、感染回避を防ぐため再び接種を行い、さらに1日接種箱に置いた。

2回目接種の終了した切り穂は、加湿器を入れたグロスチャンバーに移し、発病を促した(図4)。発病期間を通じて、切り穂を立てたコンテナには水道水をかけ流した。グロスチャンバー内の温度は18～25℃程度、湿度は加湿器により80～100%とした。なお、夜間の温度はほぼ18℃、湿度は100%であった。

発病調査は、接種後1週間目および2週間目



の2回行い、「ポット検定」と同様に10段階の罹病性スコアにより評価した。品種・系統の抵抗性評価は、3本の切り穂を1組として接種したもののうち、発病程度の高い2穂の罹病性スコアの平均値をその組の罹病性スコアとし、原則として3反復で試験を行った。



図4 加湿器を入れたグロスチャンバーにおける接種終了後の切り穂の養成（デジタル写真）

### 5)「圃場検定」法

「圃場検定」は、農業研究センターおよび作物研究所の観音台畑圃場において、2000年度と2001年度のみ実施した。供試材料は、畝間60cmの圃場に2000年度は畦長25cmあたり10粒、2001年度は畦長35cmあたり20粒、10月下旬に条播し、慣行法により2反復で栽培した。なお施肥は、2000年度は基肥として熔燐7kg/a、苦土石灰10kg/a、6-9-6化成肥料5kg/a、追肥として2月中旬に6-9-6化成肥料1.7kg/aを施用し、2001年度は、基肥として熔燐7kg/a、苦土石灰10kg/a、牛糞堆肥（窒素含量0.7%）250kg/aおよびPK化成（ $P_2O_5$ および $K_2O$ 含量各15%）7.5kg/aを施用し、追肥は行わなかった。

接種は4月上旬より一週間毎に、開花期に達した検定材料に対し、午後4時以降に行った。その際、プレッシャー式噴霧器により、1区あたり約2秒間、穂の上から区全体に分生孢子懸濁液を噴霧接種した。接種は各区につき1回のみとした。検定圃場にはスプリンクラーを設置し、初回の接種日以降10分毎に15～20秒間霧状散水し、穂の湿気を保ち発病を促した（図5）

発病調査は、接種後2週間目および3週間目の2回行い、各試験区の代表的な発病程度の穂について、「ポット検定」と同様に10段階の罹病性スコアにより評価した。



図5 圃場検定におけるスプリンクラー散水（デジタル写真）



## 2 結果および考察

「ポット検定」と「切り穂検定」は1999～2001年度の3年間、「圃場検定」は2000～2001年度の2年間行った。累年の検定結果をもとに各検定法の精度について比較検討した。

### 1) 罹病性スコアと罹病小花率との関係

抵抗性の評価指標として、数値データとして得られる罹病小花率と、簡便性の高い罹病性スコア（図3）がある。そこで罹病性スコアの評価指標としての妥当性を検討するため、1999年度、2000年度のポット検定供試品種・系統の一部について、接種2週間後の罹病性スコアと罹病小花率との関係を調べ、図6に示した。

罹病性スコアと罹病小花率の間には直線関係が当てはまり、また両者はポット単位で  $r =$

0.90～0.91、品種・系統単位で  $r = 0.92 \sim 0.93$  の高い相関を示した。

各ポット単位では、罹病性スコアと罹病小花率の間に高い正の相関があるものの、同程度の罹病小花率を示すポットにおける罹病性スコアにはやや大きな変異が認められた。この理由として、純粋な誤差の他に、一つには罹病小花率は各罹病小花の発病による変色面積が3割未満の場合はすべて0.5、変色面積が3割以上の場合はすべて1を係数として掛けて算出した値であることの影響も含め、実測値と穂全体の観察による評価との間にギャップが存在したことが考えられる。また、罹病性スコアは各ポットにおける代表的な発病程度と思われた穂についての評価であるのに対し、罹病小花率は各ポットから改めて選んだ3穂についての評価であることから、罹病性スコアと罹病小花率の調査対象

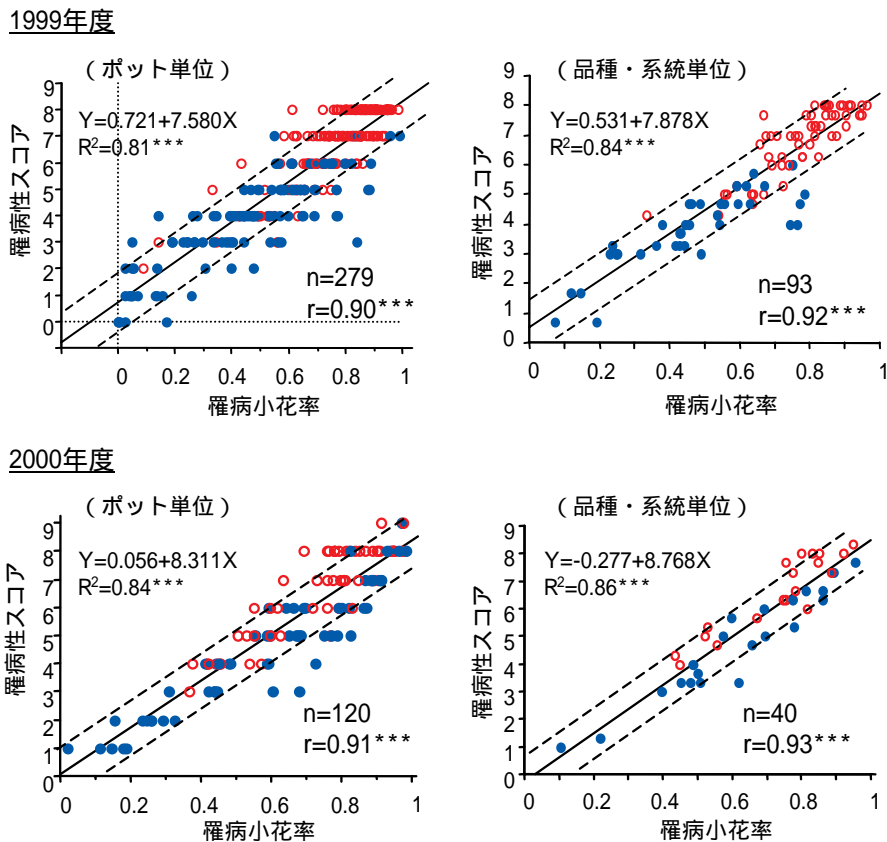


図6 罹病性スコアと罹病小花率との関係

注) ○：二条品種・系統、●：六条品種・系統。

左側に各ポット単位、右側に品種・系統単位（ポット3反復の平均）における罹病性スコアと罹病小花率との関係を示す。

\*\*\*：0.1%水準で有意。

図中の直線（実線）は罹病小花率（X）に対する罹病性スコア（Y）の回帰直線、破線は回帰直線Y軸方向 $\pm 1$ の範囲を表す。

が完全には同一でないことによる影響も考えられる。3ポットの平均である品種・系統単位では、罹病性スコアと罹病小花率との相関はポット単位の場合より高くなり、また同程度の罹病小花率を示す品種・系統における罹病性スコアの幅も減少した。

以上から、罹病性スコアは罹病小花率をよく反映する指標であり、多数の検定材料を扱う場合の抵抗性評価指標として罹病性スコアを用いることには十分な妥当性があると考えられた。

しかし、ある程度の誤差は避けられないため、より精密さを求める場合には、反復数を増やすことが必要と考えられた。

## 2) 各検定法の単年度における検定精度

全年度・全検定法に共通して供試した19品種・系統について、検定法ごとに、各年度における各品種・系統の罹病性スコア間の有意水準5%における最小有意差(FisherのPLSD法による)を算出し、検定法間で比較した(表2)。

表2-1 大麦品種・系統の各検定法における罹病性スコア(接種後1回目調査時)<sup>1)</sup>

系統 品種・ 番号 系統名	ポット検定			切り穂検定			圃場検定	
	1999	2000	2001	1999	2000	2001	2000	2001 <sup>4)</sup>
	n スコア	n スコア	n スコア	n スコア	n スコア	n スコア	n スコア	n スコア
2 あまぎ二条(1)	3 1.0±0.0	3 1.0±1.0	3 1.3±0.6	3 0.5±0.5	5 0.2±0.3	3 0.2±0.3	2 0.5±0.7	2 0.5±0.7
7 さつき二条	3 1.7±0.6	3 4.7±0.6	3 2.7±0.6	3 2.8±0.8	5 5.1±1.4	3 1.5±1.0	2 1.5±0.7	2 1.5±0.7
9 ダイセンゴールド	3 0.0±0.0	3 0.0±0.0	3 0.3±0.6	2 0.0±0.0	4 0.3±0.5	3 0.3±0.6	2 0.0±0.0	1 1.0
13 新田二条16号	3 1.3±0.6	3 1.7±1.2	3 0.3±0.6	3 0.5±0.5	4 2.0±0.4	3 0.0±0.0	2 0.5±0.7	2 1.0±0.0
16 ミサトゴールド	3 0.3±0.6	8 0.5±0.5	8 0.5±0.5	3 0.0±0.0	6 0.4±0.4	7 0.4±0.4	2 0.5±0.7	1 0.0
17 吉系38	3 3.3±1.5	3 2.0±0.0	3 0.3±0.6	3 2.8±1.5	5 4.8±0.4	3 1.7±1.3	2 1.0±1.4	2 2.0±0.0
32 露6号	3 0.0±0.0	3 1.7±0.6	3 1.7±0.6	3 0.0±0.0	4 0.4±0.3	3 0.2±0.3	2 1.5±0.7	2 0.5±0.7
34 イチバンボシ	3 3.0±1.0	3 3.3±0.6	3 3.3±0.6	3 3.8±1.0	3 4.3±1.0	3 1.3±0.6	2 3.5±0.7	2 3.0±1.4
35 カシマムギ	3 6.0±1.0	3 4.7±0.6	3 4.0±1.0	3 4.5±1.3	4 3.5±0.7	3 3.0±0.0	2 3.5±0.7	1 7.0
37 関東皮6号	3 2.3±0.6	3 0.7±0.6	3 1.3±0.6	3 1.0±0.5	4 2.4±2.5	3 0.0±0.0	2 2.5±0.7	2 3.5±0.7
38 キカイハダカ	3 5.0±1.0	3 3.3±0.6	3 3.3±0.6	2 2.5±0.0	3 2.2±1.0	3 1.7±0.3	2 3.0±0.0	2 3.5±0.7
43 サヌキハダカ	3 3.0±1.0	3 2.7±1.5	3 3.3±0.6	2 1.5±1.4	4 1.6±0.8	3 1.0±0.0	2 3.0±0.0	2 2.5±0.7
44 シュンライ	3 4.0±0.0	3 4.3±2.1	2 2.5±2.1	3 4.5±1.3	3 4.7±1.0	3 2.0±1.5	2 5.5±0.7	2 4.5±0.7
45 すずかぜ	3 2.3±0.6	3 4.0±1.0	3 2.7±0.6	3 1.2±0.8	5 3.0±1.1	3 1.2±0.8	2 4.5±0.7	2 5.0±0.0
50 東山皮94号	3 3.7±2.5	3 5.0±1.0	3 4.0±1.0	2 4.3±0.4	5 2.8±0.8	2 1.8±0.4	2 3.0±0.0	2 3.5±0.7
56 ミノリムギ	3 5.0±1.0	3 6.0±2.0	3 5.0±1.7	3 4.5±1.3	5 6.5±1.2	3 3.2±0.3	2 5.5±0.7	2 6.5±0.7
58 横綱	3 2.5±0.5	3 3.3±0.6	3 2.0±1.0	2 2.0±0.7	4 1.4±0.3	3 1.2±0.3	2 5.5±0.7	2 3.5±0.7
59 関係b486	3 8.0±0.0	3 5.3±1.5	3 4.3±0.6	3 4.8±0.3	4 3.9±1.1	3 3.8±1.0	2 4.0±1.4	1 3.0
66 Chevron	3 4.0±0.0	3 5.3±0.6	3 4.3±0.6	3 1.7±0.8	3 3.2±1.0	3 1.3±0.8	2 3.0±1.4	2 1.5±0.7
レンジ	0.0-8.0	0.0-6.0	0.3-5.0	0.0-4.8	0.2-6.5	0.3-3.8	0.0-5.5	0.0-7.0
最少有意差 <sup>2)</sup>	1.5 (1.5)	1.3-1.6 (1.6)	1.1-1.5 (1.3)	1.5-1.8 (1.5)	1.2-1.6 (1.6)	0.9-1.2 (1.1)	1.7 (1.7)	1.5-2.1 (1.5)
最少有意差 /レンジ <sup>3)</sup>	0.19 (0.19)	0.22-0.27 (0.27)	0.24-0.32 (0.28)	0.30-0.37 (0.30)	0.19-0.24 (0.25)	0.24-0.31 (0.28)	0.30 (0.30)	0.22-0.30 (0.22)

1) 各検定法の各年度における接種後1回目調査時の罹病性スコアの平均値±標準偏差を示した。n:反復数。

2) FisherのPLSD法による有意水準5%の最小有意差。

上段に最小有意差の範囲を示し、下段括弧内に、反復数3の品種・系統間(「ポット検定」・「切り穂検定」)あるいは反復数2(圃場検定)の品種・系統間の最小有意差を示す。

3) 2)と同様、上段には最小有意差のレンジに対する比率の範囲を示し、下段括弧内に、反復数3(「ポット検定」・「切り穂検定」)あるいは反復数2(圃場検定)の品種・系統間の最小有意差のレンジに対する比率を示す。

4) 2001年度の圃場検定では、最端畝の灌水不足区等のデータを除外したため、反復数1の場合が生じた。

最小有意差が小さいほど、反復間誤差が小さく、検定の精度が高いと考えられる。なおここで述べる精度とは、単年度の試験において、どの程度各品種・系統の反復間差が小さく、安定して罹病程度を検定できるかという能力を指し、以降「検定精度」とする。赤かび病の発病は環境条件により変動することから、最終的な品種・系統の抵抗性判定については、検定法間および年次間の安定性を考える必要があり、その点については別途 3) で述べることとする。

最小有意差の値は比較対象群の反復数により影響されるため、反復数の異なる品種・系統が混在する検定法・年度においては最小有意差に

範囲が生じる。「ポット検定」および「切り穂検定」では反復数 3、「圃場検定」では反復数 2 を基本とするので、ここでは、全ての反復を含めて算出した最小有意差の範囲中、「ポット検定」および「切り穂検定」では反復数 3 の品種・系統間における最小有意差、「圃場検定」では反復数 2 の品種・系統間における最小有意差について述べる。

各品種・系統の罹病性スコアの反復間変動を表す標準偏差は、検定法間より各検定法における年次間差のほうが大きい傾向があり、検定法間の差は認めることができなかった。また、各検定法における罹病性スコアの最小有意差は、

表 2・2 大麦品種・系統の各検定法における罹病性スコア（接種後 2 回目調査時）<sup>1)</sup>

系統 品種・ 番号 系統名	ポット検定			切り穂検定			圃場検定	
	1999	2000	2001	1999	2000	2001	2000	2001 <sup>4)</sup>
	n スコア	n スコア	n スコア	n スコア	n スコア	n スコア	n スコア	n スコア
2 あまぎ二条(1)	3 4.7±0.6	3 3.3±1.5	3 2.3±0.6	3 1.7±1.6	5 0.3±0.4	3 0.2±0.3	2 1.5±0.7	2 1.5±0.7
7 さつき二条	3 4.7±0.6	3 5.7±0.6	3 5.7±1.2	3 4.7±1.8	5 6.5±0.6	3 3.2±1.0	2 2.5±0.7	2 3.5±0.7
9 ダイセンゴールド	3 0.7±1.2	3 1.0±0.0	3 1.0±1.0	2 1.3±1.8	4 0.4±0.5	3 0.3±0.6	2 1.0±0.0	1 2.0
13 新田二条16号	3 3.2±0.3	3 3.7±1.5	3 1.3±0.6	3 5.0±3.1	4 2.9±1.0	3 0.2±0.3	2 1.5±0.7	2 1.5±0.7
16 ミサトゴールデン	3 1.7±2.1	8 2.9±1.1	8 1.8±0.7	3 5.2±1.3	6 1.9±2.3	7 0.5±0.4	2 1.0±0.0	1 1.0
17 吉系38	3 4.0±1.0	3 4.7±0.6	3 1.3±0.6	3 4.5±1.3	5 5.9±0.8	3 2.5±1.3	2 2.5±2.1	2 2.0±0.0
32 露6号	3 4.0±0.0	3 6.3±0.6	3 4.7±0.6	3 0.0±0.0	4 3.1±2.8	3 0.7±0.8	2 5.5±0.7	2 1.0±0.0
34 イチバンボシ	3 4.3±1.5	3 4.7±0.6	3 5.3±0.6	3 5.2±1.9	3 5.5±2.2	3 2.3±1.0	2 4.5±0.7	2 3.5±2.1
35 カシマムギ	3 7.3±0.6	3 7.3±0.6	3 6.0±1.0	3 5.3±1.3	4 4.5±0.8	3 5.3±0.8	2 6.5±0.7	1 7.0
37 関東皮6号	3 4.3±1.5	3 5.3±1.2	3 3.3±0.6	3 4.5±1.0	4 0.8±1.0	3 0.0±0.0	2 4.0±1.4	2 5.5±0.7
38 キカイハダカ	3 6.3±0.6	3 5.7±1.5	3 4.7±0.6	2 2.8±0.4	3 2.2±1.0	3 2.7±0.8	2 4.5±0.7	2 3.5±0.7
43 サヌキハダカ	3 5.0±1.7	3 5.0±1.0	3 4.7±0.6	2 3.3±0.4	4 2.0±0.9	3 1.8±0.8	2 5.0±0.0	2 3.0±1.4
44 シュンライ	3 5.0±1.7	3 6.3±2.1	2 4.0±2.8	3 5.7±0.8	3 6.3±1.2	3 3.7±1.3	2 6.5±0.7	2 7.0±0.0
45 すずかぜ	3 5.0±1.0	3 8.0±0.0	3 4.3±1.2	3 2.0±0.5	5 3.7±1.3	3 1.5±1.0	2 6.5±0.7	2 7.0±0.0
50 東山皮94号	3 5.0±3.0	3 6.7±0.6	3 6.7±0.6	2 6.3±1.1	5 4.8±0.9	2 4.3±1.1	2 7.0±0.0	2 5.5±0.7
56 ミノリムギ	3 7.0±0.0	3 7.7±1.5	3 7.3±1.2	3 5.5±1.7	5 7.9±0.2	3 6.0±0.9	2 7.0±0.0	2 9.0±0.0
58 横綱	3 5.7±1.4	3 6.0±1.0	3 4.0±1.0	2 3.3±0.4	4 3.1±0.5	3 2.0±0.0	2 7.5±0.7	2 6.5±0.7
59 関係b486	3 8.0±0.0	3 7.7±0.6	3 7.7±0.6	3 7.3±0.6	4 6.1±1.9	3 6.5±0.5	2 5.5±0.7	1 5.0
66 Chevron	3 5.3±0.6	3 8.0±0.0	3 6.7±1.5	3 4.2±0.6	3 4.8±0.8	3 2.0±1.0	2 4.5±0.7	2 3.0±0.0
レンジ	0.7-8.0	1.0-8.0	1.0-7.7	0.0-7.3	0.3-7.9	0.0-6.5	1.0-7.5	1.0-9.0
最少有意差 <sup>2)</sup>	2.1 (2.1)	1.4-1.7 (1.7)	1.3-1.7 (1.5)	2.3-2.8 (2.3)	1.6-2.1 (2.1)	1.1-1.4 (1.3)	1.7 (1.7)	1.7-2.5 (1.7)
最少有意差 /レンジ <sup>3)</sup>	0.29 (0.29)	0.21-0.25 (0.25)	0.19-0.26 (0.23)	0.32-0.39 (0.32)	0.21-0.28 (0.28)	0.17-0.22 (0.20)	0.26 (0.26)	0.22-0.31 (0.22)

1) 各検定法の各年度における接種後 2 回目調査時の罹病性スコアの平均値 ± 標準偏差を示した。n: 反復数。

2)-4) 表 2・1 と同一。

それぞれ接種後1回目調査時、2回目調査時の順に、「ポット検定」では1.3~1.6、1.5~2.1、「切り穂検定」では1.1~1.6、1.3~2.3、「圃場検定」では1.5~1.7、1.7であり、検定法間よりも各検定法における年次間差の方が大きく、検定法間の差は判然としなかった。

検定精度としては最小有意差そのものよりも、共通の品種・系統における罹病性スコアの変異を何段階で区別しうるかということが重要と考えられたので、罹病性スコアの変異(レンジ)に対する最小有意差の比率を算出した。この値が小さいほど品種・系統の罹病性スコアの変異を細かく区別することができ、検定精度が高いと考えることができる。この比率は、それぞれ接種後1回目調査時、2回目調査時の順に、「ポット検定」では0.19~0.28、0.23~0.29、「切り穂検定」では0.25~0.30、0.20~0.32、「圃場検定」では0.22~0.30、0.22~0.26であり、こちらについても検定法間の差は判然とせず、各検定法の検定精度に差があるとはいえなかった。

予想に反し、「圃場検定」では他の2検定法よりも反復数が少ないにもかかわらず2検定法と同等の最小有意差を示し、反復間誤差が小さく検定精度が高いことが示された。「圃場検定」では各品種・系統の開花期と接種日とが必ずしもそろわず、また接種後の温度条件が制御できないため、他の2検定法に比べて品種・系統間の接種・発病条件の誤差は大きいと考えられるが、その一方で、同じ品種・系統の反復間においては開花期および接種日がそろうことが多いため、接種・発病条件の誤差が小さく抑えられ、従って罹病性スコアの反復間誤差は小さいものと考えられた。

### 3) 「ポット検定」と他の検定法との比較

#### (1) 検定法間における抵抗性評価の比較

「ポット検定」、「切り穂検定」、「圃場検定」の3種の検定法間における罹病性スコアの相関を表3および図7に示した。「ポット検定」と「切り穂検定」との相関は $r = 0.77 \sim 0.82$  (接種1週間後スコア)、 $r = 0.53 \sim 0.82$  (接種2週間後スコア)で、「ポット検定」と「圃場検定」との相関は、 $r = 0.68 \sim 0.74$  (1回目調査時スコア)、 $r = 0.66 \sim 0.80$  (2回目調査時スコア)であった。「ポット検定」による罹病性スコアと「切り穂検定」や「圃場検定」による罹病性スコアとの間には高い相関が見られ、その評価はほぼ一致した。一方、「切り穂検定」と「圃場検定」との相関は、 $r = 0.47 \sim 0.66$  (1回目調査時スコア)、 $r = 0.61 \sim 0.70$  (2回目調査時スコア)で、「ポット検定」との相関に比べやや低かった。

各検定法による抵抗性評価の特徴を見ると、「切り穂検定」においては「ポット検定」や「圃場検定」に比べ、罹病性スコアが0に近く判定される、すなわちほとんど感染および発病を示さない場合が見られた(図7)。この主な原因としては、1つには、他の2つの検定法では霧状散水により接種後の穂が常に湿った状態に保たれるのに対し、「切り穂検定」では接種後の穂を加湿器を設置したグロスチャンバー内で養成することから、菌の伸展時における穂の「ぬれ」程度が他の検定法に比べると低く保たれるということが考えられる。また切り穂を供試材料とすることによる影響、すなわち接種前の切断により穂がストレスを受け、罹病性スコ

表3 罹病性スコアの検定法間相関

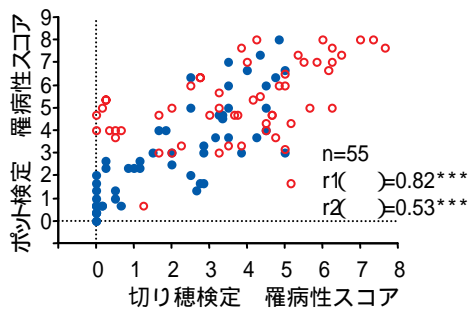
	1999年度 (n=55)	2000年度 (n=33)	2001年度 (n=29)
ポット検定-切り穂検定	0.82*** (0.53***)	0.77*** (0.68***)	0.81*** (0.82***)
ポット検定-圃場検定	-	0.74*** (0.80***)	0.68*** (0.66***)
切り穂検定-圃場検定	-	0.47** (0.61***)	0.66*** (0.70***)

注) 括弧なしは1回目評価時、括弧内は2回目評価時のスコア間の相関係数。

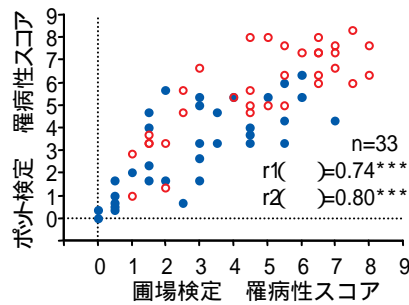
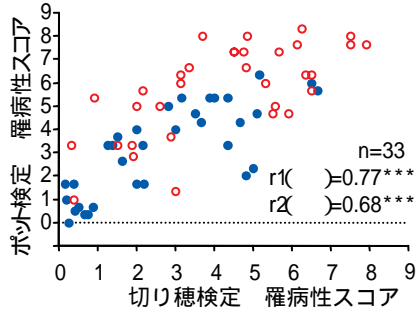
\*\* : 1%、\*\*\* : 0.1%水準で有意。



1999年度



2000年度



2001年度

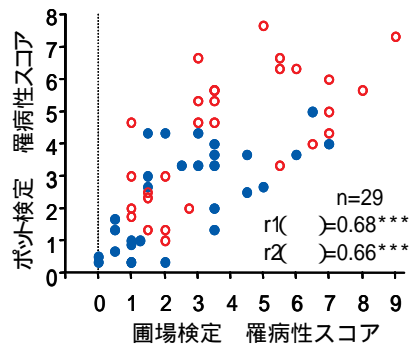
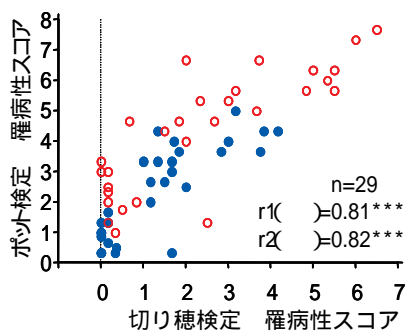


図7 各年度における罹病性スコアの検定法間相関

注) ○ : 1回目調査時罹病性スコア、● : 2回目調査時罹病性スコア。  
 r1、r2はそれぞれ1回目調査時、2回目調査時の罹病性スコア間の相関係数。  
 \*\*\* : 0.1%水準で有意。

アを低くする何らかの反応を起こしてしまう可能性も考えられる。なお武田・部田(1989)が行った「切り穂検定」では、接種後の穂を始める2日間は菌の感染を促すため25%湿度100%に保ち、その後は湿度95%のファイトロンで養成しているため、筆者らの条件に比べ安定して高湿度条件が保たれているが、その場合でも「切り穂検定」では強く判定されても「噴霧圃場検定法」では弱い場合があると報告されている。本研究における筆者らの結果もそれに類似しており、他の検定法と比べ、「切り穂検定」では確実な発病をさせ得ない場合があると考えられた。

(2) 抵抗性評価の年次間の安定性

図8に、各検定法における罹病性スコアの1999~2000年度および2000~2001年度における年次間相関を示した。「ポット検定」では $r=0.79 \sim 0.89$ (接種1週間後スコア)、 $r=0.78 \sim 0.84$ (接種2週間後スコア)、「切り穂検定」では $r=0.75 \sim 0.83$ (接種1週間後スコア)、 $r=0.62 \sim 0.80$ (接種2週間後スコア)、「圃場検定」では $r=0.79$ (接種2週間後スコア)、 $r=0.80$ (接種3週間後スコア)と、いずれの方法においても罹病性スコアの年次間相関はほぼ同程度に高かった。ただし、「圃場検定」についてはこれまでに2年次しか試験を行っておらず、2000~

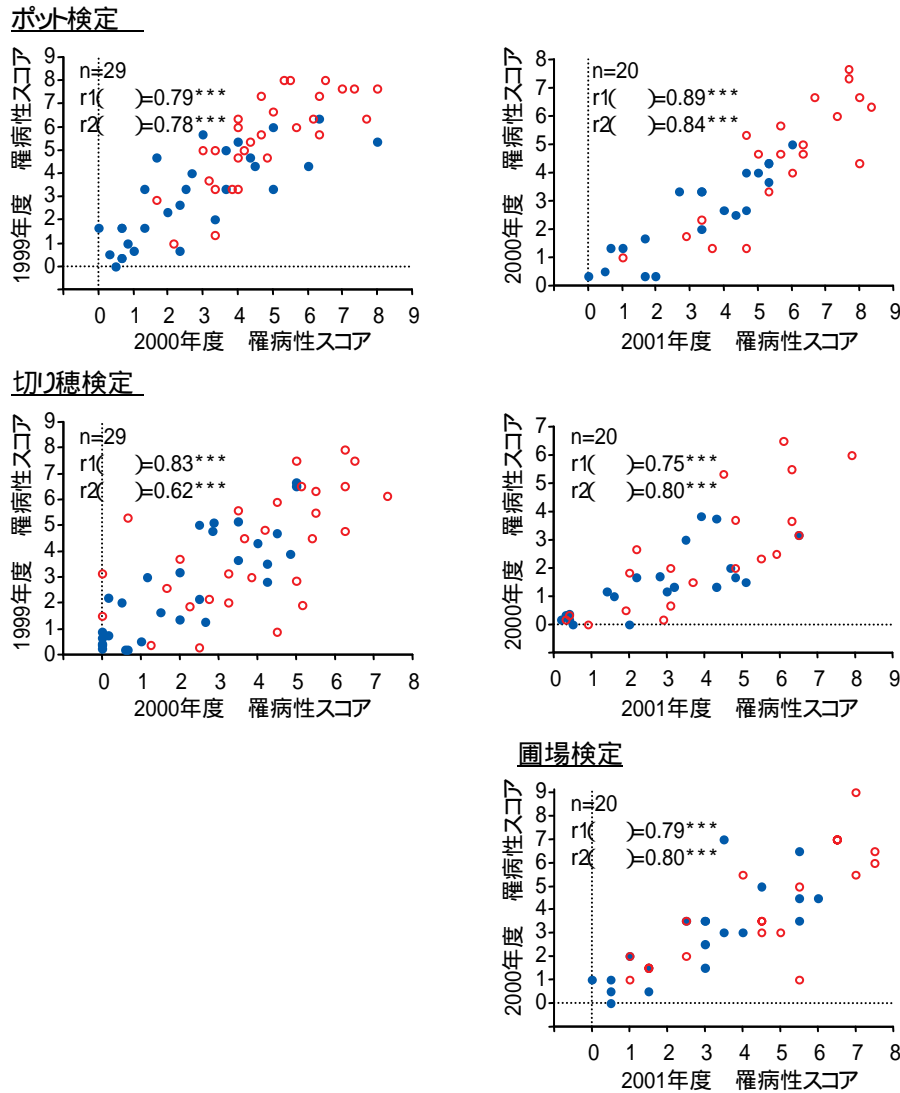


図8 各検定法における罹病性スコアの年次間相関

注) ○ : 1回目調査時罹病性スコア、● : 2回目調査時罹病性スコア。  
 r1、r2はそれぞれ1回目調査時、2回目調査時の罹病性スコア間の相関係数。  
 \*\*\* : 0.1%水準で有意。

2001年度においては年次間で高い相関が得られたが、年次によっては結果が気象条件により影響を受ける恐れがある。「ポット検定」および「切り穂検定」では気象条件の影響が「圃場検定」より明らかに少なく、また3年次にわたる試験で評価が安定しており、安定した検定が可能と考えられた。

(3) 抵抗性評価と出穂期との関係

各検定法について供試材料の出穂期と罹病性スコアとの相関を調べた結果を表4に示す。各年次とも「切り穂検定」では罹病性スコアと出穂期との相関は無かったが、「ポット検定」および「圃場検定」では年次によっては有意な正

の相関が見られ、晩生の品種・系統が弱く評価される場合があった。特に2000年度に行った「ポット検定」の接種2週間後の罹病性スコアにおいて、やや高い正の相関が見られた。

これらの相関関係は、供試材料の遺伝的特性によること、すなわち今回供試した品種・系統については抵抗性の弱い晩生系統が多かったことによる可能性も考えられるが、「切り穂検定」では相関が見られないことから、検定法の特徴による可能性が高いと思われる。「ポット検定」では晩生系統の検定期間になると、外気温が上がるにつれてビニールハウス内の平均日中温度が相対的にやや高くなってしまふこと、また、

表4 各検定法における罹病性スコアと出穂期との相関

	1999年度( n=55 )	2000年度( n=33 )	2001年度( n=29 )
ポット検定	0.07 ( 0.30 <sup>*</sup> )	0.39 <sup>*</sup> ( 0.61 <sup>***</sup> )	0.14 ( 0.23 )
切り穂検定	0.09 ( -0.20 )	0.00 ( 0.26 )	0.28 ( 0.21 )
圃場検定	-	0.31 ( 0.47 <sup>**</sup> )	0.19 ( 0.23 )

注) 括弧なしは1回目調査時、括弧内は2回目調査時のスコアにおける相関係数。

\* : 5%、\*\* : 1%、\*\*\* : 0.1%水準で有意。

晩生系統の検定時期になるにつれビニールハウス内に接種済みの検定材料が蓄積していくことにより、菌が蔓延した可能性が考えられる。「ポット検定」における抵抗性評価と出穂期との関係については今後も検討を要するが、温度管理をより厳密に行い、病原菌の蔓延を防ぐため検定材料の早晚などに分けて発病処理を行うことにより、出穂期の影響を軽減できると考えられる。

## 総合考察

赤かび病は、感染時における麦の穂の発育ステージと温湿度条件および病原菌の飛散濃度等が発病程度に大きく関与するため、精度が高く安定した抵抗性検定が難しい病害である。本研究では国内外の大麦品種・系統を材料に、精度の高い検定法として、ポット栽培した大麦の開花期の穂に病原菌を噴霧接種し接種後の温度・湿度条件を制御する「ポット検定」法を開発した。本法による抵抗性評価は、既存の検定法である「切り穂検定」法や「圃場検定」法による抵抗性評価と良く一致し、また年次間でも評価が安定しているため、本法を精度の高い赤かび病抵抗性検定として提案した。

「ポット検定」法は、人工条件下で確実に発病させ、精度の高い抵抗性検定ができる方法であるが、抵抗性の正確な判定には、複数年次の検定や他の検定法の併用により抵抗性評価を反復して行うことが望ましい。特に抵抗性が中程度の品種・系統は、抵抗性強および弱の品種・系統に比べて抵抗性評価の変動が大きい傾向があり、単年度の検定で抵抗性を判定するのは難しいと考えられた。

「ポット検定」法と、「切り穂検定」法および「圃場検定」法の検定精度およびその他の特性について比較すると、表5のとおり整理できる。検定精度以外に労力面も重要で、今回行った3検定法を比較すると、「圃場検定」が最も労力が軽くすむ方法である。それに対し、

「ポット検定」、材料をポット養成した場合の「切り穂検定」は、労力を要する方法である。ただし「圃場検定」は圃場の出穂期以降に行わなければならない、育種の現場では圃場作業の多忙な時期と重なってしまうのに対し、人工気象条件下ビニールハウス内でポット栽培した検定材料を用いて「ポット検定」や「切り穂検定」を行う場合は、材料の出穂期を調整することにより、検定を圃場の出穂期以前に終わらせることができるため、圃場作業との労力分散ができ、さらに同一年度内の抵抗性系統等の選抜と交配が可能となる。

表5に示すように「ポット検定」を含めそれぞれの検定法において長所・短所があり、目的や労力、設備等の条件により使い分ければよいと思われる。大麦の赤かび病抵抗性育種を行っている育種研究室においては、遺伝資源の一次スクリーニング、赤かび病抵抗性を育種目標とした育成系統の初期選抜等、検定系統数が多く、高い精度を求めない試験には「圃場検定」を適用し、高い検定精度を要する実験系統等の研究材料、中後期世代の育成系統の検定や、抵抗性母本の最終評価等には「ポット検定」法を用いている。また、単年度試験でより多くのデータを得たい場合には、「ポット検定」に加え「切り穂検定」も合わせて行っている。なお「切り穂検定」法は、圃場栽培大麦を検定材料に想定し、場所をとらずに比較的簡易に大量の検定が

表5 各検定法の特性比較表

		ポット検定	切り穂検定	圃場検定
検定精度	長所	・人工条件で、安定性高い検定が可能。 ・確実に発病させ得る。	・人工条件で、安定性高い検定が可能。	
	短所	・晩生系統の評価がやや弱い可能性あり。	・確実な発病をさせ得ない場合がある。	・気象条件により影響を受ける可能性あり。
精度以外の特性	長所	・圃場の出穂期以前に検定できる。 ・圃場作業との労力の分散が可能。 ・同一年度の抵抗性選抜と交配が可能。		・比較的労力は軽くすむ。
	短所	・比較的労力を要する。		・検定時期が圃場の出穂期以降。 ・他の圃場作業との労力配分を要する。

注)「切り穂検定」は、ポット栽培大麦を材料とした場合について記した。

でき、抵抗性が弱の系統を予備的に淘汰するのに有効な方法として報告されているものである(武田・部田 1989)。圃場の出穂期以降に労力が確保できるならば、「切り穂検定」は系統の一次選抜等にも適すると考えられる。

以上のように、本研究では、「ポット検定」法と合わせて「切り穂検定」法と「圃場検定」法の労力等のコストや抵抗性育種を行う上での有用性についても確認することができた。

なお検定法の精度については、検定法自体の特性に加え、温度・湿度制御に関わる設備の条件にも大きく影響されると考えられるため、いずれの検定法においても検定設備の整備にあたっては、より均一な条件が作れるよう注意を払うべきである。

またいずれの検定法においても、罹病性スコアの年次間相関は高いものの、正確な抵抗性判定を行うには、抵抗性が既知の標準品種を同時に検定するべきと考えられる。今回行った抵抗

性検定試験供試品種・系統の中から選ぶと、出穂期の早晩性および抵抗性判定の安定性を考慮し、抵抗性強の標準品種としてミサトゴールドン(早生)、ダイセンゴールド(中生)、露6号(晩生)が挙げられ、抵抗性中の標準品種としては、サヌキハダカ(中生)、横綱(中生)、Chevron(晩生)が、抵抗性弱の標準品種としては、カシマムギと関係b486(早生)、アサマムギ(中生)、ミノリムギ(晩生)が挙げられる。

以上、本研究では、精度の高い大麦の赤かび病抵抗性検定法として「ポット検定」法を開発し、さらに本法と「切り穂検定」法および「圃場検定」法の検定精度等の特性について比較検討を行い、各検定法の抵抗性育種を行う上での有用性について確認した。赤かび病抵抗性育種においては、抵抗性検定が困難であることが大きな障害となっていることは先に述べたとおりであり、本研究の成果は、今後の赤かび病抵抗性育種の進展に役立つものと考えられる。



## 摘 要

麦類の最重要病害である赤かび病は、発病が感染時の環境条件に大きく影響されるため抵抗性検定が難しい病害である。本研究では、精度の高い大麦の赤かび病抵抗性検定法として、ポット栽培した大麦の開花期の穂に病原菌を噴霧接種した後、温度・湿度条件を病原菌の感染・進展に適した条件に制御する「ポット検定」法を開発した。本法による大麦の抵抗性評価は、切り取った開花期の穂に接種を行う「切り穂検

定」、および圃場の開花期に接種し散水により発病を促す「圃場検定」による抵抗性評価と相関が高く（罹病性スコアの相関係数はそれぞれ  $r = 0.77 \sim 0.82$ 、 $r = 0.68 \sim 0.74$ ）、また年次間でも抵抗性評価が安定しており（ $r = 0.79 \sim 0.89$ ）、「ポット検定」法により精度の高い抵抗性検定が可能であった。さらに、本法と「切り穂検定」法および「圃場検定」法の特性について比較検討を行い、各検定法の有用性を確認した。

## 謝 辞

本研究を遂行するにあたり、大麦供試材料の分譲とご助言をいただいた岡山大学教授武田和義博士に対し深く謝意を表す。また本研究に用いた赤かび病菌株の分譲と、病原菌接種についてご助言、ご協力をいただいた旧農業研究センター畑病害研究室の斉藤初雄博士、佐藤剛主任研究官、さらに、検定法全般についてご助言およびご協力をいただいた国際農林水産業研究

センター生物資源部の坂智広博士、サッポロビール株式会社旧育種作物部の斉藤渉氏に、厚くお礼申し上げます。

材料養成および検定試験を行うにあたっては、中央農業総合研究センター業務第2科の各位、長野県農事試験場の谷口岳志氏にご協力頂いた。記して厚くお礼申し上げます。

## 引用文献

Ban, T. and K. Suenaga (2000) Genetic analysis of resistance to *Fusarium* head blight caused by *Fusarium graminearum* in Chinese wheat cultivar Sumai 3 and the Japanese cultivar Saikai 165. *Euphytica*, 113, 87-99.  
坂 智広 (2002) ムギ類赤かび病の生理・生態およびコムギの抵抗性. 植物防疫56, 58-63.  
Gocho, H. and T. Hirai (1987) Varietal resistance to scab in barley. *Barley Genetics*, 625-630.  
部田英雄・日浦運治 (1962) 赤かび病に対する病抵抗性の品種間差異. オオムギの耐病性に関する研究 第13報. 農学研究49, 177-188.

小泉信三・加藤 肇・吉野嶺一・駒田 旦・一戸正勝・梅原吉広・林 長生 (1993) ムギ類赤かび病の病原学的・疫学的研究. 農研センター研報23, 1-104.  
Kolb, F.L., G-H. Bai, G.J. Muehlbauer, J.A. Anderson, K.P. Smith and G. Fedak (2001) Symposium on genetic solutions to *Fusarium* head blight in wheat and barley: challenges, opportunities, and imperatives. *Crop Sci.* 41, 611-619.  
Miedaner, T. (1997) Breeding wheat and rye for resistance to *Fusarium* diseases. *Plant Breeding*

- 116, 201-220.
- 中川元興・渡辺進二・牛腸英夫・西尾小作 (1964) 麦類の赤かび病耐病性の一つの検定法．第1報、硝子室栽培における麦類の赤かび病耐病性検定．東海近畿農業試験場研究報告10, 146-170.
- 西門義一 (1958) コムギのアカカビ病防除に関する研究．農業改良技術資料97, 1-162.
- Parry, D. W., P. Jenkinson and L. McLeod (1995) *Fusarium* ear blight (scab) in small grain cereals-a review. *Plant Pathology* 44, 207-238.
- Rudd, J.C., R.D. Horsley, A.L. McKendry and E.M. Elias (2001) Host plant resistance genes for *Fusarium* head blight: Sources, mechanisms, and utility in conventional breeding systems. *Crop Sci.* 41, 620-627.
- 武田和義・部田英雄 (1989) オオムギにおける赤かび病検定法の開発と耐病性品種の検索．*育種学雑誌*39, 203-216.
- 武田和義・呉基日・部田英雄 (1995) ムギ類赤かび病における寄主・病原関係の解析．*育種学雑誌*45, 349-356.
- 吉田めぐみ・河田尚之 (2000) オオムギの赤かび病抵抗性検定法及び抵抗性遺伝資源の評価．*育種学研究* 2 (別2), 170.
- 吉田めぐみ・河田尚之・塔野岡卓司 (2002) オオムギ赤かび病抵抗性評価の安定性及び抵抗性判定標準品種の選定．*育種学研究* 4 (別1), 226.

# The “pot-plant” method provides accurate, stable testing of the resistance to *Fusarium* head blight in barley.

Megumi YOSHIDA\*, Naoyuki KAWADA and Takuji TOHNOOKA

## Summary

*Fusarium* head blight (FHB), or scab, caused by several *Fusarium* species, is a widespread and destructive disease of wheat and barley. FHB resistance is difficult to evaluate because environmental conditions greatly influence FHB infection and development. To reduce the environmental influence in such evaluations in barley, we developed a “pot-plant” method in which the spikes at the anthesis of barley varieties planted in plastic pots were spray-inoculated and hygrothermal conditions after inoculation were controlled to favor the pathogen’s infection and development. Degrees of resistance of barley varieties in this method correlated highly with those in the “cut-spike” method ( $r = 0.77 \sim 0.82$ ) and field tests ( $r = 0.68 \sim 0.74$ ), and year-to-year correlations were high ( $r = 0.79 \sim 0.89$ ), suggesting that the “pot-plant” method is useful in accurate, stable evaluation of FHB resistance in barley. We study and compare characters of the “pot-plant” method and other testing methods.