

オオムギのうどんこ病に対する 抵抗性の量的評価

野田千代一・日浦運治*

植物の病害抵抗性を研究するとき、最も大切なことは、抵抗性の程度を正確に判定できる基準が確立されていることである。今までに抵抗性の程度を判定する方法として、西門ら(1949)のうどんこ病に対する感染型、高橋(1951)のいもち病の細胞内菌糸の伸長度による判定、Stakman *et al.* (1962)のサビ病の感染型などの報告がある。しかし、これらの表わす数値は抵抗性の強弱を便宜的に示す符号のようなもので、順位だけを表わし、数学的処理による細かい比較を行うことは不可能である。最近では、圃場抵抗性品種の育種が重要な問題となってきたり、そのため少しでも抵抗性の強いものを選抜するための目安として、量的評価方法の確立が急がれている。Masri & Ellingboe (1966)、McCoy & Ellingboe (1966)はムギのうどんこ病では、2次菌糸の伸長が親和的宿主-寄生者関係の成立を示す指標として利用できると報告し、Slensinski & Ellingboe (1970)も伸長2次菌糸形成率でうどんこ病菌の進展に対する阻害の程度を定量的に表わすことができることを示した。Jones (1978)はエンバクのうどんこ病に対する圃場抵抗性品種を選び出す方法として分生胞子の形成量を測定し、抵抗性の異なる4品種のうち、高度抵抗性品種では他の3品種より分生胞子の形成量が明らかに少なかったことを報告している。また残りの3品種でも、抵抗性の強さと胞子形成量の順位とが一致したとしている。ところで、分生胞子形成量は接種源の濃度により大きく影響されるので、接種源を均一にすれば、分生胞子形成量の測定は抵抗性を量的に表わす手段として利用できると考えられる。

Hiura (1960)はオオムギ品種で race 1 に対して抵抗性を示す Kwan と Nigrinudum および A 222 と ロシア 12 号における抵抗性の相加的効果を明らかにした。Kwan の抵抗性遺伝子 *JMlk* および Nigrinudum の *JMlnn* は、両品種を罹病性品種と交雑した F_1 において、それらの遺伝子がヘテロになると両方とも race 1 に対して抵抗性が低下し、かなり罹病するようになる。ところが、Kwan × Nigrinudum の F_1 は両抵抗性遺伝子ともヘテロであるにもかかわらず、両親よりも更に強い抵抗性を示した。これは抵抗性遺伝子の相互作用による相加的効果によるものと思われた。しかし、従来の判定法では抵抗性の程度を数的に表わすことができないので、抵抗性遺伝子がヘテロになるとどれほど抵抗性が低下するのか、あるいは、2つの遺伝子が揃うとどれほど抵抗性が増すのかを具体的に証明することができなかった。また、相加的効果が本当に主働抵抗性遺伝子同士の相互作用によるものなのか、つまり、微働遺伝子の影響はなかったかという疑問が生じてく

昭和61年1月8日受理

* 岡山大学名誉教授

る。本報では、できるだけ目的の主働遺伝子以外の影響を除くため、near isogenic line を材料にして単胞子接種法による分生胞子形成量の比較を行い、主働遺伝子の相互作用を数量的に明らかにすることができたので、その結果を記述する。

本実験を行うにあたり、御協力下さった部田英雄助手ならびに宇野英雄技官に深謝する。

実験材料および方法

1. 供試オオムギ品種およびオオムギうどんこ病菌

本実験にはオオムギ (*Hordeum vulgare*) 品種、白トウおよび以下に述べる6つの near isogenic line (IG) を用いた。IG5, IG6, IG7, IG8 および IG10 は、それぞれ既知の抵抗性遺伝子をもつ品種、HES4 (*JMth*₄), Russian 12 (*JMlr*₁₂), Turkey 290 (*JMlt*), Goldfoil (*JMlg*) および Hanna 906 (*JMlh*) を白トウに6回戻し交雑して育成した IG である。例えば、IG5 はオオムギ品種白トウに HES4 を6回戻し交雑して育成されたもので、HES4 の抵抗性遺伝子 *JMth*₄ を持った白トウのことである。また、オオムギうどんこ病菌 (*Erysiphe graminis* f. sp. *hordei*) は 125, H₁, H₁₄ および h₉ 菌系を用いた。

2. 感染型と分生胞子数の測定

感染型と分生胞子形成量との関係を調べるために、従来の感染型 I ~ 4 を示すオオムギ品種/オオムギうどんこ病菌の4つの組み合わせを用いた (Table 1)。なお、従来の感染型とは、西門ら (1949) が報告した5階級の順位のこと、以下の通りである。

Table 1. Barley/mildew strain combinations used in the study on relationship between infection type and conidia production

	Infection type					
	1	2	3	4		
Mildew strain	125	H ₁₄	125	h ₉	h ₉	H ₁₄
Host*	IG6	IG6	IG7	IG5	Shiroto	IG10

*IG5, IG6, IG7 and IG10: near isogenic lines which were produced by six back-crossings of HES4 (*JMth*₄), Russian 12 (*JMlr*₁₂), Turkey 290 (*JMlt*) and Hanna 906 (*JMlh*), respectively, with Shiroto.

- 0—高度の抵抗性。植物は肉眼的には完全に健全か、あるいはネクロシスが認められるが、菌糸を生じない。
- 1—抵抗性。ネクロシスができ、薄い菌糸を生ずるが、分生胞子はほとんど形成されない。
- 2—かなりの抵抗性。ネクロシスができ、かなりの菌糸と分生胞子を生ずる。
- 3—かなりの感受性。ネクロシスができ、豊富な菌糸と分生胞子を生ずる。
- 4—高度の感受性。豊富な菌糸と分生胞子を生じ、ネクロシスを生じない。

なお、感染型0は分生胞子を形成しないので本実験では省略した。

オオムギは各品種とも、内径5 cm のポットに3個体ずつ播種し、1品種につき3~4

ポットを供試した。播種9日後、第2葉が展開しはじめたとき、うどんこ病菌の新鮮な分生胞子1個をマニピュレーターで第1葉の先端から20~30 mmの部位に接種し、直ちに隔離用の枠内に入れ再び育成室に置いた。接種7日後に葉を切り取り、スライドグラスにセロテープで貼りつけ、隔離枠内のシャーレ内の水に挿して置いた。接種8日後から13日後まで毎日分生胞子数を数えた。計測方法は、まず、ガラスのサンプル管の中に静かに胞子をはたき落とし、1 ml~2 mlのTriton X-100の2,000倍液を入れて懸濁液とした。充分攪拌後、マイクロピペットを使って正確に5 μ l取り、スライドグラスに載せ、カバーグラスをかけずに低倍率の顕微鏡で分生胞子数を数え、その数をもとに全体の分生胞子数を算出した。さらに、抵抗性の強さの程度と菌叢面積との関係および抵抗性の強さの程度と潜伏期間との関係についても調べた。菌叢面積の算出は(1/2菌叢長径 \times 1/2短径) π の計算方法によって行った。潜伏期間とは接種してから菌叢が肉眼で確認できるまでの日数である。

実験は3回反復したが、ときには5回以上反復したものもあった。

3. 抵抗性遺伝子の相互作用

抵抗性遺伝子の相互作用は、F₁個体上に形成された分生胞子量で調べた。供試されたオオムギはIG系統とそのF₁であり、それぞれの組合わせについて正逆交雑を行ったものである。供試F₁と接種菌系の組合わせはTable 2に示すとおりである。植物の育成、接種、胞子採集、計測などの方法は前記と全く同じである。調査は接種後11日までに形成された胞子数を計測した。実験は2~3回反復で行った。

Table 2. Parent varieties of barley, their F₁ progenies and mildew strains used in the study on interactions between resistant genes

Mildew strain	H ₁₄	H ₁	H ₁	h ₉
	IG6**	IG6	IG7**	IG8***
	IG7	IG8	IG8	IG10**
Parent variety	IG6 \times ST*	IG6 \times ST	IG7 \times ST	IS8 \times ST
and their F ₁	ST \times IG6	ST \times IG6	ST \times IG7	ST \times IG8
	IG7 \times ST	IG8 \times ST	IG8 \times ST	IG10 \times ST
	ST \times IG7	ST \times IG8	ST \times IG8	ST \times IG10
	IG6 \times IG7	IG6 \times IG8	IG7 \times IG8	IG8 \times IG10
	IG7 \times IG6	IG8 \times IG6	IG8 \times IG7	IG10 \times IG8

*ST: Shiroto.

**IG6, IG7 and IG10: see footnote of Table 1.

***IG8: near isogenic line produced by six back-crossings of Goldfoil (*JMlg*) with Shiroto.

4. 濁度法による分生胞子数の計測

分生胞子数計測の簡易法として分光光度計を利用することを試みた。採集した分生胞子をTriton X-100の2,000倍溶液10 mlの中に入れ、攪拌機で充分攪拌後、2倍段階希釈した分生胞子の懸濁液を調製した。それらの5 mlの試料を光路1 cmのセルに入れ、660 nmでの吸光度(OD)を分光光度計(日立124)で測定した。分生胞子は懸濁液中で

速やかに沈降する傾向があるので、懸濁液はよく攪拌して直ちに測定した。OD 値を測定後、それぞれの試料は実験 1 と同じ方法によって、分生胞子数を決定した。

実験結果

1. 感染型と分生胞子形成数との関係

感染型が 1 から 4 を示す寄生菌/宿主の組合せにおいて、接種後 10 日目の標準的菌叢の状態は次のようである。感染型タイプ 1 では菌叢が小さく不定形で、薄く、また分生胞子も少なく、褐変が著しい。タイプ 2 では菌叢が小さく、ほぼ楕円形となり、分生胞子の形成も明確に認められた。タイプ 3 では菌叢が大きく楕円形となり、分生胞子も多数形成されるが、多少まばらである。タイプ 4 では菌叢が明瞭で重い病斑型となり、大きく盛り上がり、分生胞子が密に形成される。この 4 タイプについて、8 日目から 13 日目までの間、連日、胞子数を顕微鏡下で測定し、その形成数曲線を作成した (Fig. 1)。これは累積

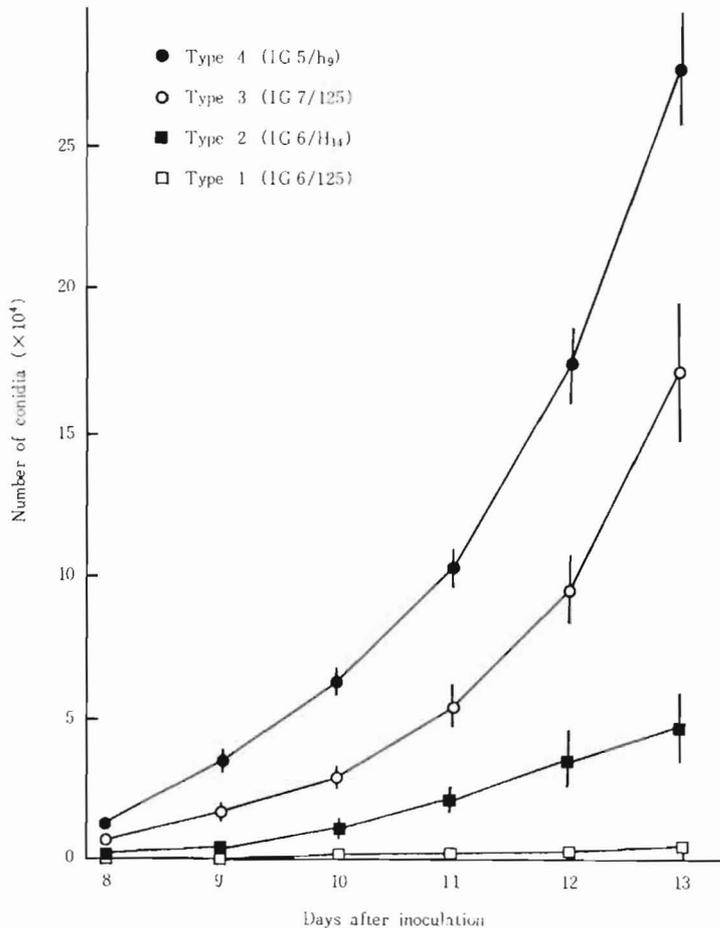


Fig. 1. Relationship between the infection type and number of produced conidia. Standard errors are represented by bars.

グラフで、例えば9日の胞子数の値は接種後8日目と9日目との合計で、13日は8日から13日までの合計で示してある。測定個体数はタイプ1では13、タイプ2では16、タイプ3では16、タイプ4では15であり、それぞれの平均値で表わした。また、95%信頼限界も示した。測定した分生胞子数は個体差が大きいものがあったが、その変異の割合を変異係数(標準偏差/平均値)×100で比較すると、接種後の日数が少ない程変異が大きく、日数が増えるに従って小さくなり、接種11~13日後にはほぼ安定した値になった。その値はタイプ4では19、タイプ3では22、タイプ2では45であった。タイプ1では非常に変異が大きく、13日目には90であった。これらの数値から、タイプ4からタイプ1に向って、すなわち抵抗性が強くなるほど変異の幅が大きくなることが認められた。Fig. 1の結果から、接種後の日数により多少の差はあるものの、分生胞子の形成数はタイプ1を1とすると、タイプ2では約10倍、タイプ3では約30倍、タイプ4では約60倍となる傾向があり、分生胞子の数が抵抗性を量的に測る指標となりうるということが明らかになった。タイプ4については、Fig. 1に示したIG5/h₉の組合わせの外に、白トウ/h₉およびIG10/H₁₄についても調べたが、IG5/h₉の場合と同様の胞子形成曲線となった。

切葉による影響を調べると、白トウ/H₁₄(タイプ4になる組合わせ)で、接種後13日間に切葉の状態で作られた分生胞子数と生葉の状態で作られた分生胞子数の間には有意差はなかった。このように、両試料間の胞子形成数に差が認められなかったが、葉の活性状態からみて、切葉後、長時間置いて検定することは好ましくないと考えられた。

Table 3に感染型とそれらの潜伏期間および菌叢の面積を示した。

Table 3. Relations of infection type, latent period and area of the pustule

Infection type	Host	Mildew strain	Latent period (day)	Area of pustule (mm ² π)
1	IG6	125	4-6	4.3
2	IG6	H ₁₄	3-4	6.1
3	IG7	125	3-4	13.7
4	IG5	h ₉	3	10.2
4	IG10	H ₁₄	3	9.0
4	Shiroto	h ₉	3	10.2

潜伏期間とは単胞子接種後菌叢が肉眼で見えはじめるまでの日数で、タイプ1とタイプ4とでは大体1日以上差があった。しかし、タイプ1から4まで通してみると、日数が連続して変化するため、中程度の抵抗性は区別できなかった。

菌叢面積は一般に抵抗性が強いほど小さくなる傾向があったが、タイプ3のIG7/125の菌叢は薄く広がって、タイプ4のIG5/h₉のものよりも大きくなった例もみられ、菌叢の面積が必ずしも抵抗性の程度を表わすとは限らないことが分った。

2. 抵抗性遺伝子の相互作用

抵抗性遺伝子の相互作用をみるため、単胞子接種法によって、それぞれ異なった抵抗性遺伝子を持つ系統同士を交雑して得られたF₁における胞子形成量を調べた。Fig. 2はIG6およびIG7系統とそれらのF₁に菌系H₁₄を単胞子接種したとき、接種後11日間に形成された分生胞子数を比較したものである。抵抗性遺伝子をホモにもつ親系統すなわちIG6(JMlr₁₂JMlr₁₂)およびIG7(JMltJMlt)はそれぞれ21,000および40,000個の分

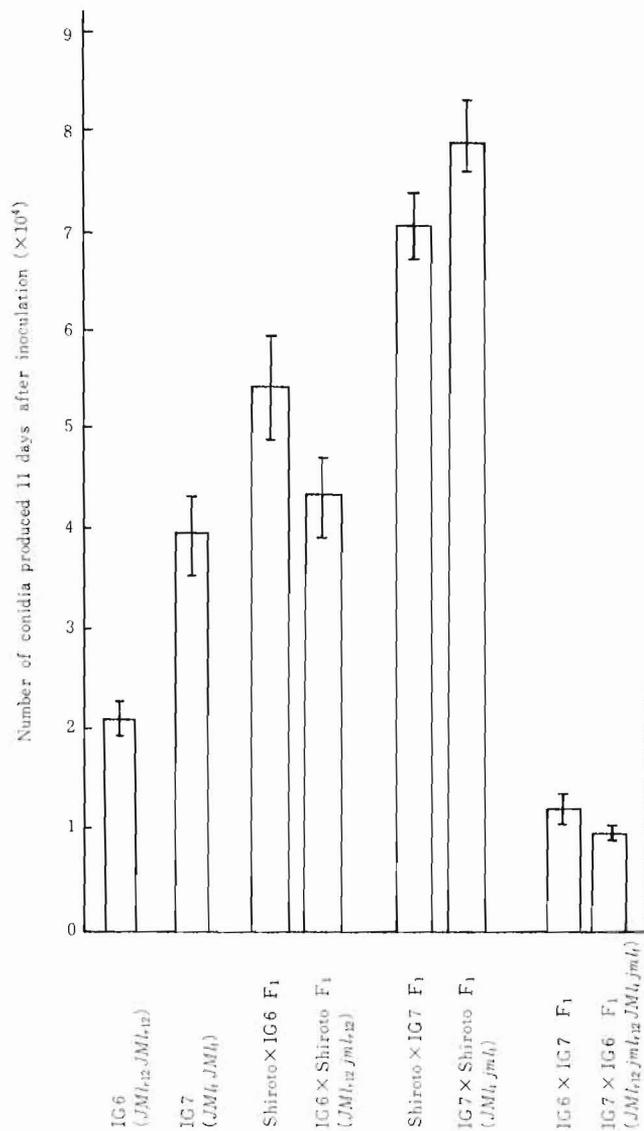


Fig. 2. Interaction of *JMr₁₂* and *JMl₁* to strain H₁₄. Average and standard error of 5-7 individuals are shown.

生胞子を生産した。ところが、両遺伝子がヘテロになると、Shiroto × IG6, IG6 × Shiroto F₁ (*JMr₁₂ jml₁₂*) の場合それぞれ約 55,000, 44,000 個, Shiroto × IG7, IG7 × Shiroto F₁ (*JMl₁ jml₁*) の場合約 70,000, 80,000 個も作られ、抵抗性が低下した。しかし、おのおのはヘテロの状態でも、それら 2 つの抵抗性遺伝子を同時に持つ IG6 × IG7 F₁ (*JMr₁₂ jml₁₂ JMl₁ jml₁*) では、分生胞子数は約 13,000 と非常に少なかった。この場合、IG6 × IG7 F₁ はもとの両親よりも更に抵抗性になったことを示しており、抵抗性遺伝子の相加的効果が認められた。正逆交雑を行った組み合わせで、その結果を比較すると、いずれの組み合わせにおいても 5% レベルで有意差はなく、したがって母性遺伝の可能性はなかった。

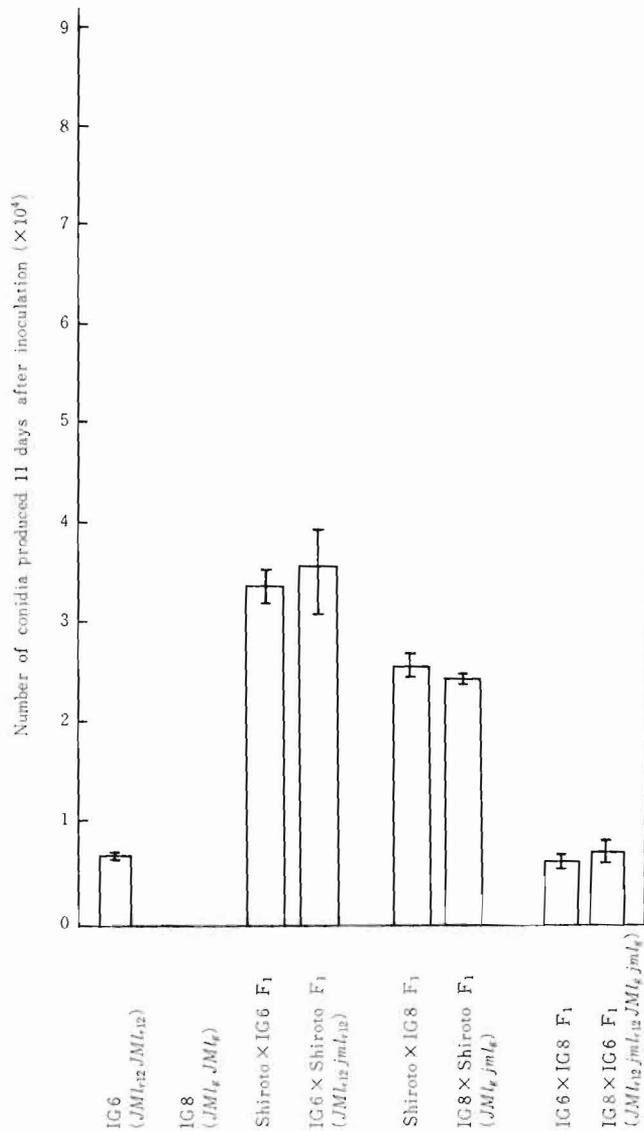


Fig. 3. Interaction of *JMr₁₂* and *JMlg* to strain H₁. Average and standard error of 5-7 individuals are shown. No conidium was produced on IG8.

Fig. 3 は IG 6 および IG 8 とそれらの F₁ に菌系 H₁ を単孢子接種して得た結果である。IG 6 (*JMr₁₂ JMr₁₂*) は H₁ に対してかなりの抵抗性を示し、分生胞子数は 6,400 個であった。また、IG 8 (*JMr₁₂ JMr₁₂*) は非常に抵抗性で、菌叢は発達せず分生胞子も全く形成されなかった。しかし、ヘテロになると、Shiroto \times IG 6, IG 6 \times Shiroto F₁ (*JMr₁₂ jmlr₁₂*) は約 35,000 個、Shiroto \times IG 8, IG 8 \times Shiroto F₁ (*JMlg jmlg*) も 25,000 個以上の分生胞子の形成を許すまでに抵抗性が低下した。抵抗性遺伝子をヘテロで持つ IG 6 \times IG 8 F₁ (*JMr₁₂ jmlr₁₂ JMlg jmlg*) では 6,400 個の分生胞子数となり、Fig. 2 の場合と違って両親よりも

抵抗性にはならなかったが、 $JMr_{12} jmlr_{12}$ および $JMlgjmlg$ よりは明らかに抵抗性が強く、抵抗性遺伝子の相加的効果は確かであった。この実験においても、正逆交雑による違いはなく母性遺伝の可能性はなかった。上記の試験の外に、Table 2 に示したように、IG7, IG8 およびそれらの F_1 と菌系 H_1 や IG8, IG10 およびそれらの F_1 と菌系 h_0 の組み合わせについても調べたが、上記の場合と同様の結果が得られた。例えば、親の IG7 ($JMltJMlt$) では約 38,000 個の分生胞子が形成されたが、Shiroto \times IG7 F_1 において $JMltjmlt$ とヘテロになると更に抵抗性が弱くなり、約 82,000 個もの分生胞子を形成し、むしろ罹病性に近づいた。このように、 $JMlt$ はヘテロでは H_1 に対して抵抗性はあまり強くなかったが、 $JMlgjmlg$ といっしょになると非常に抵抗性となった。すなわち IG7 \times IG8 F_1 ($JMltjmlt JMlgjmlg$) では 3,400~5,100 個の分生胞子しか形成されず、明らかに相加的効果が認められた。

3. 濁度による分生胞子数の計測

分生胞子数の計測を簡略化するために、分光光度計を用いて孢子懸濁液の濁度から胞子数を算出する方法を試みた。2 倍段階希釈した孢子懸濁液の 660 nm における OD 値と、それぞれの試料の分生胞子数との関係から検量線を作成した。Fig. 4 は 5 ml の懸濁液の場合の検量線であるが、OD 値と分生胞子数との間に高い相関 ($r=0.9989$) があり、直線となった。実験は 4 回反復したが、いずれも同じ傾きの直線が得られ、再現性が高かつ

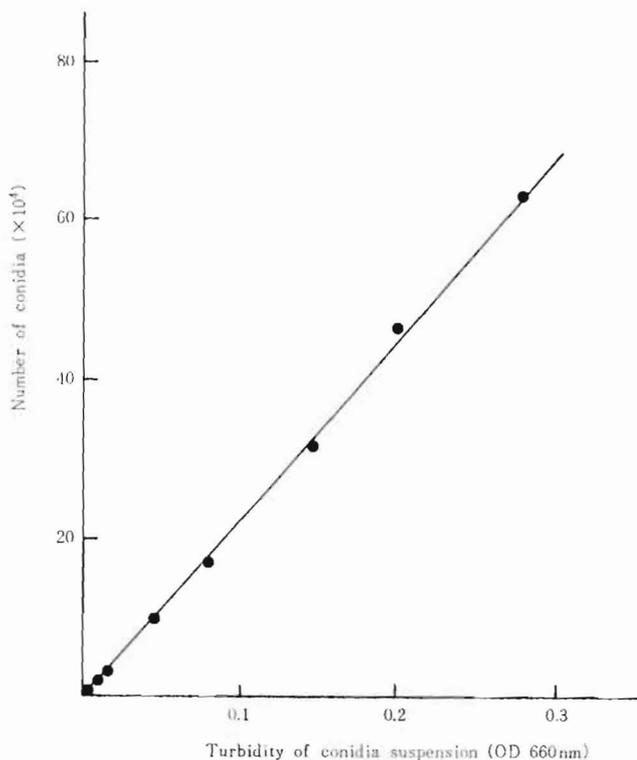


Fig. 4. Relationship between number of conidia and turbidity of conidia suspension.

た。この方法は比較的低濃度の胞子数 (25,000 個/5 ml) でも測定可能であったが、胞子数があまり少ない場合は、OD 値が低くなり、誤差が大きくなると思われる。

以上の結果から、抵抗性遺伝子には、その種類により差はあるが相互作用があり、相加的效果として抵抗性が増大することを分生胞子形成数で量的に表わすことができた。

考 察

オオムギうどんこ病菌に対する抵抗性を量的に評価する方法として、分生胞子形成数の比較を行った。Mortensen & Green (1978) および Jones (1978) はそれぞれサビ病とうどんこ病について、抵抗性の比較に胞子形成量を利用しており、抵抗性の強いものほど胞子形成量が少ないことを報告している。筆者らもオオムギのうどんこ病で従来から広く用いられている感染型とそれらの分生胞子形成数との関係を明らかにすることにより、分生胞子形成数を抵抗性の程度を示す基準としようとした。接種分生胞子濃度の影響を除くため、単胞子接種法を用いた。実験材料が少ないため、感染型タイプ 1~4 までのデータが 1 組しか得られなかったため、基準を作るまでにはいたらなかったが、感染型 1~4 の間に接種後 8 日目で、すでに分生胞子形成数に有意差があり、感染型と分生胞子形成数との間に密接な関係があることが明らかになった。

分生胞子形成数は、接種後早い時期には変異が大きいが、いずれの組み合わせにおいても、11日目には安定した。

実験には、操作を容易にするため、接種葉を 8 日目に切り取って水に挿して調べたが、長期間切葉にして置く影響を少なくするため、分生胞子数の測定には接種後 11 日目のものを供試するのが良いと思われた。

Shaner (1973) はコムギのうどんこ病において、菌叢面積と分生胞子鎖の密度は抵抗性の程度を正確に表わしており、それらは分生胞子量で確かめられることを示した。また、菌叢面積と分生胞子数との間に相関があることも明らかにした。筆者らも前述のように分生胞子数で抵抗性を評価できることを示し、また、分生胞子数と菌叢面積との相関をみると、IG7/125 以外のすべての組み合わせにおいて相関があり、Shaner の結果と一致した。しかし、タイプ 3 の IG7/125 の菌叢がタイプ 4 の場合より大きくなったことから、この関係がすべてにあてはまるものではないと考えられた。

うどんこ病の潜伏期間を比較したところ、タイプ 4 とタイプ 1 との間に 1 日の明らかな差があったが、これは Jones (1978) がエンバクのうどんこ病菌で得た知見と一致しており、抵抗性と潜伏期間との間に相関があると考えられた。また、Johnson & Wilcoxson (1978) はオオムギの小さび病菌において、潜伏期間および夏胞子と抵抗性の程度との間には、高い負の相関があったことを報告した。したがって、オオムギのうどんこ病菌においても菌叢の大きさ、胞子形成量および潜伏期間に着目すれば抵抗性の程度を量的に表わすことができるものと考えられる。

筆者らは抵抗性の量的評価の新方法として単胞子接種法を提案したが、その実用として抵抗性遺伝子の相互作用について調べた。抵抗性品種は罹病性品種と交雑すると、その F_1 は抵抗性が低下するが、抵抗性品種同士を交雑した F_1 は両親よりも強い抵抗性を示すことを Hiura (1960) は報告している。2 つの抵抗性遺伝子に対立でないときは、上位

性のため強い方の遺伝子の作用が現れるはずであるが、この場合、どちらでもなくさらに抵抗性が強くなるというものである。しかし、品種によって遺伝的背景が異なるため、相互作用に参加した遺伝子は必ずしも主働遺伝子だけとは限らない。そこで筆者らは、目的の主働遺伝子以外の影響をできるだけ除去するため、抵抗性品種を白トウに6回戻し交雑した near isogenic line を用い、単胞子接種法によって抵抗性遺伝子の相互作用を調べた。その結果、試験した4組のいずれにおいても抵抗性遺伝子の相加的効果ははっきり現れた。白トウと交雑したF₁で抵抗性遺伝子がヘテロになると、すべての場合、抵抗性が低下した。その低下を分生胞子の増加で比較すると、*JMlr*₁₂ は菌系 H₁₄ に対しては約2倍になったにすぎなかったが、H₁ に対して約5.5倍に増えた。また、*JMlg* がホモの場合、菌系 H₁ および h₉ は孢子を形成しなかったが、*JMlg* がヘテロになると H₁ は25,000個、h₉ は6,000個の孢子を形成し、両菌系の間で大きな差がみられた。このように同じ抵抗性遺伝子でも相手の菌系によってその作用が変わることは注目すべきことである。Fig. 2において、*JMlr*₁₂ および *JMlt* は両方が同時に揃うと非常に抵抗性が増し、両親よりもさらに抵抗性になった。これは *JMlr*₁₂ と *JMlt* 遺伝子はそれぞれがホモの状態にあるより、おのおのはヘテロでも2つ組合わさったときの方が抵抗性が強くなる抵抗性遺伝子であることを示唆している。他の3組では親同上交雑したF₁はもとの親より抵抗性が強くなることはなかった。これはそれぞれの遺伝子は、ホモになったとき、高度な抵抗性を発揮できる抵抗性遺伝子なのであろう。なお、この場合でもそれぞれがヘテロの状態よりはるかに抵抗性が強くなっているので、抵抗性遺伝子の相加的効果が現れていることは明らかである。以上のように、抵抗性に関し、遺伝子量の影響、遺伝子の相互作用による相加的効果、宿主と菌系の組合わせによる優性の変化などは単胞子接種法によって量的に評価できることが明らかになった。

また、分生胞子懸濁液の濁度を分光光度計で測定すると、OD値と孢子数とに直線的関係が得られた。したがって、分光光度計を使えば多くの試料を短時間で計測できることから、将来非常に利用価値が高いと思われる。しかし、タイプ1やタイプ2のように、形成される孢子数が少ない場合は、1菌叢だけでは正確には測定できないので、いくつかの菌叢を集めるか、あるいは孢子を均一に接種できる他の方法を考案する必要がある。

摘 要

宿主一病原菌の親和程度は最終的には病原菌がその宿主上でどれ程の分生胞子を作り得たかに反映されると考え、単胞子から出発した菌叢に形成される分生胞子数の比較により、抵抗性を量的に表わすことを試みた。従来の判定法で、感染型タイプ1, 2, 3, 4と決定されているうどんこ病菌/オオムギの組合わせを用いて、単胞子接種を行い、接種後8~13日までに形成された分生胞子数を計測した。タイプ1の孢子数を1とすると、タイプ2は約10、タイプ3は約30、タイプ4は約60となる傾向があり、単胞子接種後11日目に形成された分生胞子数を測定すると、抵抗性を量的に評価できることが明らかになった。そこで、この方法を用いて、抵抗性遺伝子の相互作用を調べた。すなわち、それぞれ異なった抵抗性遺伝子をもった2つのオオムギの near isogenic line を相互に交雑し、そのF₁にうどんこ病菌の単胞子を接種し、形成された分生胞子数から抵抗性遺伝子の相

互作用を推定した。Russian 12 の抵抗性遺伝子 JMr_{12} をもつ IG6 と Turkey 290 の抵抗性遺伝子 JMt をもつ IG7 とその F_1 の菌系 H_{14} に対する反応は、 $JMr_{12}JMr_{12}$ および $JMtJMt$ はそれぞれ 21,000 および 40,000 個の分生胞子を生産したが、ヘテロになると $JMr_{12}jml_{12}$ の場合約 44,000~55,000, $JMtjmt$ の場合 70,000~80,000 個も形成し、抵抗性が低下した。ところが、それぞれはヘテロでも 2 つの遺伝子が揃うと、すなわち $JMr_{12}jml_{12}JMtjmt$ となると、分生胞子数は 11,000~13,000 個となり非常に少なくなった。これはもとの両親より抵抗性になったことを示し、抵抗性遺伝子の相加的効果が現れている。この組み合わせ以外に、抵抗性遺伝子と菌系の組み合わせの違い 3 つの材料についても同様な実験を行った。その結果、親同士交雑した F_1 はそれぞれが単独でヘテロの場合より明らかに抵抗性が増し、抵抗性遺伝子の相互作用による相加的効果が認められた。これらの結果から、分生胞子形成量が抵抗性の量的評価方法として利用できることが明らかになった。

分生胞子数の計測に分光光度計を用いて、胞子懸濁液の濁度を測定すると、OD 値と胞子数との間で直線の検量線が得られた。このことから分光光度計を利用すると、胞子数の計測が非常に容易になることが分った。

文 献

- Hiura, U. 1960. Studies on the disease-resistance in barley IV. Genetics of the resistance to powdery mildew. Ber. Ohara Inst. landw. Biol. Okayama Univ. 11: 235-300.
- Johanson, D. A. and Wilcoxson, R. D. 1978. Components of slow-rusting in barley infected with *Puccinia hordei*. Phytopathology 68: 1470-1473.
- Jones, I. T. 1978. Components of adult plant resistance to powdery mildew (*Erysiphe graminis* f. sp. *avenae*) in oats. Ann. app. Biol. 90: 233-239.
- Masri, S. S. and Ellingboe, A. H. 1966. Primary infection of wheat and barley by *Erysiphe graminis*. Phytopathology 56: 389-395.
- McCoy, M. S. and Ellingboe, A. H. 1966. Major genes for resistance and the formation of secondary hyphae by *Erysiphe graminis* f. sp. *hordei*. Phytopathology 56: 638-686.
- Mortensen, K. and Green, G. J. 1978. Assessment of receptivity and urediospore production as components of wheat stem rust resistance. Can. J. Bot. 56: 1837-1839.
- 西門義一、高橋隆平、日浦運治. 1949. 大麦品種の耐病性に関する研究. 第 1 報 白渋病に対する抵抗性の品種間差異. 農学研究 38: 141-151.
- Shaner, G. 1973. Estimation of conidia production by individual pustules of *Erysiphe graminis* f. sp. *tritici*. Phytopathology 63: 847-850.
- Slesinski, R. S. and Ellingboe, A. H. 1970. Gene-for-gene interactions during primary infection of wheat by *Erysiphe graminis* f. sp. *tritici*. Phytopathology 60: 1068-1070.
- Stakman, E. C., Stewart, D. M. and Loegering, W. Q. 1962. Identification of physiologic races of *Puccinia graminis* var. *tritici*. U. S. Dep. Agric. ARS, Bull. E 617 (Revised 1962).
- 高橋喜夫 1951. 稲熱病抵抗性の検定に関する植物病理学的並に育種学的研究. 北海道農試報. 第 3 号

Quantitative Evaluation of Resistance to Powdery Mildew in Barley

Chiyoichi NODA and Unji HIURA

Summary

The degree of compatibility between the host and parasite seems to be reflected, finally, to the number of conidia produced on a host plant by its parasite. The numbers of conidia produced on the pustules which started from single spores were compared to indicate the degrees of resistance quantitatively. Four powdery mildew/barley combinations, which usually expressed infection types 1, 2, 3 and 4, were used for this test. Each barley was inoculated with a single conidium and the conidia produced 8-13 days after inoculation were counted. As a result, type 2, 3 and 4 produced about 10, 30 and 60 times larger numbers of conidia respectively than type 1 and a total number for 11 days after the single spore inoculation was made clear to be available to evaluate its resistance quantitatively.

This method was applied to check the interaction of resistant genes with the near isogenic lines (IG) of barleys. IG6 has a resistant gene *JMr₁₂* from Russian 12 and IG7 has *JMu* from Turkey 290. When IG6, IG7 and their F₁ were inoculated with the strain H₁₄, 21,000 and 40,000 conidia were produced with *JMr₁₂JMr₁₂* and *JMu* respectively, while 44,000-55,000 and 70,000-80,000 were produced with *JMr₁₂jmr₁₂* and *JMujmu* respectively. However, when both hetero genes were gathered in one host, produced conidia were 11,000-13,000, which showed the resistance was much increased. Three other combinations were tested with the same way and similar results were gained. Therefore, it was clear that resistant genes had some interaction to increase their resistance and conidia production from a single conidium was available as a method of quantitative evaluation of resistance.

Furthermore, measurement of turbidity of conidia suspensions with spectrophotometer seemed to be useful for determination of conidia number.