学会賞受賞者講演

いもち菌胞子の動態およびそれによる発生予察法*

鈴木 穂 積**

Hozumi SUZUKI*: Studies on the Behavior of the Rice Blast Fungus Spore
and the Application for Forecasting Method of the Rice Blast Disease

胞子採集法によるいもち病発生予察は検鏡労力が多いことのほか、水平静置式スライドによって胞子を採集するために採集数が少ないこと、また採集効率が高いので予察田の低位置に採集器を設置するために、採集胞子数は周囲のイネの発病程度に影響され、広い地帯の発病程度とは適合しないこともあるという欠点があった。そこで、採集効率の高い回転捕集器を試作し、この使用方法などについて実験的に研究し、胞子採集法の改善をはかると共に、風による胞子の拡散と発病程度との関係を調査し、さらに飛散胞子の稲体付着率、稲体に付着した胞子の発芽侵入と葉上水滴との関連を究明して、胞子の拡散および侵入可能胞子数を考慮した予察法の開発を企図した。

1. 回転捕集器の試作と予察への利用方法

回転捕集器の構造は軸の先端にスライドを固定する支持台をつけ、その軸をモーターで回転させるものである。スライド面に胞子が均一に付着するように、支持台は回転方向に対し外側に42°かたむけ、回転前面のスライド止金は非常に薄い板とした。腕の長さは15 cm、屋根は直径50 cm、高さ20 cmの円錐形である。回転速度は1,500 rpmとした。この回転数は9.8 m/sの風の中にスライドを垂直に立てた場合とほぼ同等の風力を受けるので、スライド面にあたる空気量も概算できる。

回転捕集器の使用法は支持台にグリセリンゼリーを塗布したスライドをつけ、午前1~2時に作動するようにタイマーを合わせ、スライドの取替えは毎朝行なう。検鏡は約150倍で支持台とつりつけ直上部位にカバーガラス(18×24 mm²)をかけ、その中の胞子を数える。しかし、検鏡時間に余裕のない場合や、胞子数

の多い場合はカバーガラス内の2列目(下端より)、9列目(中央列)、17列目(上端より2列目)の3列を視野の幅で検鏡し、この中の胞子数を18×24 mm²の面積に換算してもよい。

採集器の設置水田は、その地域の標準的耕種法にもとづいて栽培されていれば十分で、設置の高さは面積5 aの胞子採集田の場合には水田中央1.3 mが適当である。また、回転式の場合には周囲に水田があれば、高さ10 m前後の建物などの屋上でも胞子が採集できる。

これら両高度における採集胞子数と、葉・穂いもち発生程度との関係を検討した結果は、次のとおりである。

1) 胞子採集田上高さ1.3 mでの胞子採集の場合

胞子が毎日 採集される ようになった 初日	7月第3半 旬までの半 旬1日平均 最高胞子数	最高葉い もち発病 程度*	穂いもち 発病穂率*
7月第2半旬以降	30個以下	II _{0.5} 以下	5%以下
7月第1半旬以降	30~100個	III ₂ ~IV ₁₁	20%
6月第5半旬以降	100~500個	IV ₁₁	60%
6月第2半旬以降	500個以上	V ₅₅ 以上	100%

2) 高所(8~17 m)での胞子採集の場合

胞子採集状況	葉いもち 発生程度*	穂いもち 発生穂率*
7月第2半旬までに胞子が不連続的に採集され、第3半旬以降も1~2個にとどまるとき	II _{0.5}	10%
7月第2半旬以降胞子が連続的に採集され、第3半旬以降に10個以上採集されるとき	III ₅ ~V ₂₅	30%

注: * 葉・穂いもち発病調査規準は農林省植物防疫課発生予察要綱による。

* 昭和49年4月4日、本大会で行なわれた学会賞受賞者講演の要旨。

** 農林省北陸農業試験場 Hokuriku National Agricultural Experiment Station, Joetsu, Japan.

II. 風速・葉上水滴存在時間による 孢子採集数の補正

孢子採集数による発病程度の子察を環境条件の異なる地帯にも適用するには地帯による風速の差異に起因して、孢子の拡散と侵入可能率が異なるので、採集孢子数の補正が必要となる。

1. 孢子の拡散状態による補正

孢子の分生子梗からの離脱は1日の明暗周期に反応しておこる。即ち、日中光を受けた孢子は、日没6～8時間後に離脱する。1日の明暗の繰り返しは離脱の主要因であるが、この他に水滴や風によっても離脱する。離脱した孢子は植被層を浮遊し、風により層上に放出される。孢子の最多飛散時刻は1～4時で、日飛散総数の約40%がこの時刻に飛散する。日中の風の強い時刻、10～16時に飛散している孢子は、日飛散総数の約10%である。

いもち発生田上の孢子数の高度分布は、最多採集位置は水面上約15 cmにあり、その位置より上下方向に減少するが、とくに草冠付近で急激に減少する。この減少状態は植被層内では急速に、層上部ではゆるやかである。子察に利用しやすいという観点から草冠上層の高度分布について検討すると、風速の強いときは孢子数は高さとともにゆっくり減少し、弱いときは急速に減少する傾向がみられる。孢子数の高度分布は

$$\frac{N}{N_0} = \left(\frac{Z}{Z_0} \right)^{-\frac{V}{kV_*}}$$

(N , N_0 は高さ Z , Z_0 における孢子数, k はカルマン常数, V_* は摩擦速度, V は孢子の落下速度を示す) であらわせる“べき型分布”であり、高さの対数に対し孢子数の対数をとると直線関係が得られる。この直線の傾き、即ち、べき値 $-\frac{V}{kV_*}$ を孢子高度分布傾度と名づけ、この傾度から空中における孢子数の高さによる減少程度が推定できる。風速が弱いと直線の傾きは大きく孢子は滞留状態にあることを示す。孢子高度分布傾度 $\left(-\frac{V}{kV_*} \right)$ を m とする) と高さ2 mの風速 (U_{200}) との間には $m = 1.80 - 0.33 U_{200}$ の関係があるので、高さ2 mの風速と草冠上層の任意高度の孢子数を測定すれば、孢子の植被層からの放出数や拡散状態が推定できる。

風速の異なる地帯において孢子採集を行ない、拡散状態を考慮した発病程度の子察が可能かどうかを調査した。水田単位の葉いもち発生状態は、風速の弱い地帯では多発から少発まで各種段階の発病水田がみられ

るが、風速の強い地帯では少発の水田が均一に存在している。これら地帯の孢子の拡散状態を孢子数の高度分布傾度からみると、風速の弱い地帯 (高さ2 mの風速が約0.1 m/s) では1.8と大きく、風速の強い地帯 (高さ2 mの風速が約1.5 m/s) では1.4で小さい。したがって前者では孢子拡散は少なく、孢子は発生田植被層に滞留しやすいと考えられ、そのためイネの感受性に応じて水田による発生差が生じやすい。しかし後者では孢子拡散が強いので、孢子は広範囲に均一に飛散し、このため孢子濃度は低下し、少発の水田が分布すると推察される。ところで風速の異なる地帯の最高発病程度と孢子採集数の関係をみると、孢子採集数のみでは適合しないが、これに拡散を考慮に入れ、風速で除して、採集数を補正してみると発病程度とよく適合するようになる。このことは同一地域内の年次別いもち病発生程度の変動と風速との関係においても認められる。したがって、孢子採集法による発病程度の子察精度を高めるには、年次や地帯によって採集孢子数を風速により補正する必要がある。

2. 侵入可能孢子数による補正

孢子の稲体付着率は風の強いときに低く、弱いときに高い傾向がある。稲体で孢子の付着しやすい部位は、水平に出葉している中・下位葉で、一葉身では葉の中央部あるいは先端に多い。葉の裏面に付着するのは非常に少ない。稲体に付着した孢子は、風や雨滴の転流などのような衝撃では、稲体上からは転移しにくく、付着部に固着する。

空中を飛散している孢子は、飛散高度や時刻に無関係に高い発芽力を持ち、稲体に付着すると、葉上に形成された水滴中で発芽する。そして、いもち発生期間の温度範囲状態下では、約6時間目から付着器の形成が始まる。葉上の水滴には雨滴、露、溢泌液などがあるが、溢泌液は日没後まもなく、露は20時頃から形成し始める。翌朝日の出とともに気温の上昇や風によって露、溢泌液は凝集を始め、大きな水滴となり8時頃には消失する。また、夜間に風が吹くと、早い時刻に消失することもある。したがって孢子は稲体付着時刻や、気象条件によっては付着器形成までに要する水滴存在時間が十分でなく、水滴の消失とともに原形質凝固をおこし、死滅する。

孢子は発芽可能温度下であれば約30分の短時間の水滴接触と、それに続く一時的な水滴の乾燥によって死滅する。このような現象は水田でもみられるので、葉上に付着した孢子の寿命は、葉上水滴の消失後から翌日の消失までの1日間と考えられる。したがって、

葉上における水滴の存在時間は胞子の発芽・付着器形成および発病に重要な要因となる。

晴天日の感染時刻と発病程度との関係は20時～2時の夜間に感染したイネに発病が多い。病斑が形成されるためには、葉上水滴内における胞子の発芽から付着器形成、侵入の過程が水滴消失前に完了していることが必要である。胞子の稲体付着時刻による発芽率・付着器形成率は、8時から翌日2時まで付着した胞子で高く、4時に付着した胞子では非常に低い。6時に付着した胞子には発芽や付着器形成は認められない。これは水滴が消失し、胞子が死滅してしまうためである。

栽植密度や立地条件の異なる地帯でももち病の発生状況と付着器形成率を調査すると、密植ほど、また日当りの遅いところほど最高病斑数が多く、付着器形成率が高い。このような場所では葉上水滴の消失時刻がおそい。これから葉上水滴は存在時間が長いことのほかに、消失時刻の遅いことが発病の重要な要因となる。これは胞子の最多飛散時刻が1～4時にあるためと、水滴形成時刻は一地域内であれば天気状態の影響を強く受け、地形間の差を少なくしているため、葉上水滴の形成時刻よりも消失時刻が重要となってくる。いま水滴消失時刻を T 時とし、付着胞子の付着器形成率を $A\%$ とすると、両者の間には $A=3.4T-19.8$ の直線関係が認められる(但し、 T は12時までの時刻においてこの式は成立する)。これによって、消失時刻から付着器形成状態が推定される。また、広地域における露・溢泌液の形成、消失の状態は風速によって推定することができ、高さ2mの風速との関係は夜間および日の出後にも風速が1m/s以下の状態が続けば水滴形成量が多く、長時間葉上に存在している。しかし日没後に1m/s以上の風が吹けば、水滴の形成はなく、また形成後に風が吹き始めれば水滴は消失する。一般に晴天日の露・溢泌液の形成時刻、消失時刻は同一地域内であれば年次差は非常に少ないが、曇天日には雲の状態によって形成量が変わるので年次差が生じる。侵入可能胞子数の推定は年次、極端に地形が異なる場所、耕種法の異なる水田の予察に必要である。

次に雨天における胞子の発芽、付着器形成を観察するために、晴天と雨天とで付着器形成率を比較した。晴天では5%に対し雨天は40%で晴天の8倍に達した。この原因について、いもち菌胞子の付着器形成は

胞子が基物に密着するほど良好になることが実験的に確かめられたので、雨天においては雨滴の葉上に存在する時間が長いというほかに、雨滴の落下により胞子が葉上に強く固着することが、付着器形成を良好にしている。さらに降雨の時刻と付着器形成率は、1日降雨の場合は37%、夜間のみ降雨の場合は35%で形成率は高かったが、日中のみ降雨日は10%、晴曇天日には僅かに2%で非常に低かった。したがって、夜間降雨と1日降雨日とは付着器形成に対する影響はほぼ同等と考えてよいが、日中降雨および晴曇天日は夜間降雨とは形成率がかなり異なる。このように雨が多ければ、胞子の発芽、付着器形成は良好で発病が多いことが予想されるが、初発後30日間の雨天日数といもち病発生状態との関係は、雨天日数の多い年ほど発病が多く、22日以上で多発することを確認した。雨天日数による侵入可能胞子数の推定は、予察に非常に重要である。

III. 胞子の拡散と侵入可能数を考慮した発生予察法

回転捕集器による採集胞子数は胞子の拡散状態で補正された値に変換し、予察しようとする時期までの平均葉上水滴消失時刻や雨天日数率、即ち侵入可能胞子率を考慮した上で予察することにより、さらに広域性があり、しかも高精度の予察が可能になる。その予察値の概要を高さ1.3mで採集した場合を例にとり示せば次のとおりである。

連続胞子採集初日と7月第3半旬の半旬1日平均最高胞子数	7月第4半旬から第6半旬までの葉上水滴消失平均時刻	7月第4半旬から第6半旬までの雨天日数率	葉いもち最高発病程度	穂いもち発病率
7月第2半旬以降	7時	7%	II _{0.2} 以下	5%以下
30個以下	10	20	II _{0.5}	5
7月第1半旬以降	7	7	II _{0.5}	5
30～100個	8	27	III ₂	10
	10	53	III ₂ ～IV ₅	10～30
6月第5半旬以降	7	13	III ₂	10
100～500個	9	13	IV ₅	30
	10	27	IV ₁₁	40
	10	53	V ₂₅ 以上	100
6月第2半旬以降	—	—	V ₅₅ 以上	100
500個以上	—	—	V ₅₅ 以上	100