ごま葉枯病菌によるイネ穂枯れの発生生態について

1. 穂枯れの病原菌の種類, ならびに葉のごま葉枯病と穂枯れ発生との関係

渡辺康正*・堀野 修**・藤井 溥***・江塚昭典*

Ecological Studies on the Panicle Infection of Rice Plant by *Cochliobolus miyabeanus*

1. Causal fungi of ear blighting and relationship between the incidence of leaf spot and ear blighting caused by *Cochliobolus miyabeanus*

Yasumasa WATANABE, Osamu HORINO, Hiroshi FUJII and Akinori EZUKA

摘要: 津市近郊農家圃場の穂枯れ症状のイネ枝梗から検出される病菌は、いもち病菌がもっとも多く、ごま葉枯病菌がこれに次いで多かった。いもち病菌は穂いもちに弱いイネ品種の穂枯れ症状の枝梗から多く検出され、ごま葉枯病菌は葉身にごま葉枯病の発生の多いイネの枝梗から検出された。すじ葉枯病は茎葉部にすじ葉枯病の発生の多いイネの枝梗から検出された。

穂枯れの発生程度を種々異にする各圃場のイネ、および各圃場の土壌に鉢栽培したイネを供試して、葉のごま葉枯病と穂枯れとの関係について調査したところ、両者の間に高い相関関係が認められた。また葉のごま葉枯病とごま葉枯病菌による穂枯れとの間にはさらに高い相関関係が認められた。

ごま葉枯病菌による穂枯れの多発生する圃場におい

て、イネの登熟期間に空中を飛散する分生胞子は、初めは少なく、収穫期近くなって急に増加した。草間部の飛散量は穂の高さにおける飛散量に比べ多く、出穂期～糊熟期間に特に顕著であった。このような分生胞子の飛散の推移は、葉の病斑、特に分生胞子の形成可能な大型病斑の数の推移と一致し、また収穫期近くなって認められる枝梗発病の発病時期とも一致した。ただしもみ発病については、もみに対する病菌の侵入時期が限られているために、発病の時期が出穂期～乳熟期間にあり、分生胞子の飛散の推移と一致しなかった。以上のことから、ごま葉枯病菌による穂枯れの多発生する圃場において、穂枯れの伝染源はその大部分は葉の病斑に求めることができるのではないかと考えられた。

I 緒 言

イネの穂が登熟期間に変色し実りが悪いという現象は、当地方の農家の間でかなり古くから認められていたようで、このような穂の姿が手斧の形に似ているところから「ちょうなくび」または「ちょんのくび」と呼び、熟色豊かに重く下垂する穂と区別している。

最近、木谷¹⁾は水稻の成熟期において穂がいもち病菌を除く他の病原菌類によって侵害され、汚染、変色、

枯死などの症状を示す現象を包括して「穂枯れ」と呼ぶことを提唱した。したがって当地方で認められる「ちょうなくび」もその症状からすれば穂枯れ症状にほかならない。

筆者らは1956年以降、暖地イネ作生産阻害要因としてイネごま葉枯病について研究をおこなった。その際、ごま葉枯病が穂に発生した場合、収量に与える影響はかなり大きく、葉に発病した場合とほぼ同程度であることが認められた²⁾。そこで当地方に発生している穂

* 東海近畿農業試験場

** 現北陸農業試験場

*** 現農業技術研究所

枯れ症状のイネの穂に注目し、ごま葉枯病がこれにどの程度関与しているのかということに主眼をおき、さらに穂におけるごま葉枯病の発生生態についての研究があまり多くないように考えられたので、この面についての研究をおこなっている。本報告は東海近畿地区のブロック会議で決められた連絡試験計画に基づき、穂枯れに関与する病原菌の種類を調査するとともに、それらのなかでもっとも重要と考えられるごま葉枯病菌による穂枯れと葉のごま葉枯病との関係について、圃場における分生孢子の飛散の推移と穂枯れの発生時期の面から検討したものである。

II 穂枯れの病原菌について

1) 試験方法

津市近郊の早植地帯で穂枯れの発生の著しい農家の圃場11か所を選び、収穫期近いイネの穂について穂枯れの発生程度と枝梗の変色部分に寄生している菌の種類およびその割合を調査した。穂枯れの発生程度は各水田から任意に10株をとり、その全穂について病穂率であらわし、また枝梗の変色部分に寄生している菌の調査は、穂からもみをはずした後枝梗を流水で十分洗い、25~27°Cの温室に3~4日保った後、変色部分を鏡検した。

2) 試験結果

結果は第1表のとおり、枝梗の変色部分から検出される菌のなかでもっとも検出される割合の高かったも

のはいもち病菌で、ごま葉枯病菌はこれに次いで多かった。

いもち病菌は穂いもちに弱い農林29号の栽培されている水田に多く、場所によっては変色枝梗の90%以上がいもち病菌によって占められているところがあった。いもち病菌の検出される水田ではまた病穂の発生率が高い傾向を示しており、その症状も激しかった。これらは穂枯れというよりもむしろ枝梗いもちというべきであろう。なお、当场作物第一研究室の品種圃に発生した穂枯れについて、枝梗変色部から検出される菌といもち病抵抗性品種との関係について調査したところいもち病に強い品種からはいもち病菌の検出される割合の低いことが確認された。

ごま葉枯病菌は秋落水田で葉身にごま葉枯病の発生の多いイネに多く認められた。しかしながら、葉身にごま葉枯病の病斑の少ないところでも変色部分にごま葉枯病菌の多く検出される例も認められた。ごま葉枯病菌またはいもち病菌の関係している穂枯れでは、両者の混発する例が多かった。

すじ葉枯病菌は葉身、葉鞘にすじ葉枯病の発生しているイネから検出された。*Fusarium* sp. はかなりの割合で検出される地点が数か所認められ、また *Cladosporium* sp., *Curvularia* sp. も変色枝梗から検出された。

III 葉のごま葉枯病と穂枯れ発生との関係

当地方に発生する穂枯れのなかでもっとも重要なも

第1表 津市近郊の農家圃場に発生した穂枯れの発生状況と病枝梗部から検出される菌の種類およびその検出割合

		穂枯れ症状の枝梗部から検出される菌の割合(%)							備 考
採 集 地		病 穂 率 (%)	い も ち 病 菌	ご ま 葉 枯 病 菌	す じ 葉 枯 病 菌	<i>Fusarium</i> sp.	そ の 他	止 葉 葉 身 ご ま 葉 枯 病 病 斑 数	
豊 里	A	51.3	30.0	63.1	0	0	7.1	19.0	秋落水田(山間)
"	B	13.4	44.7	31.3	0	0	22.4	2.4	" (")
一身田	A	100	95.1	0	0	0	4.9	6.7	品 種 農 林 29号
"	B	86.2	90.1	2.0	0	0	7.8		"
北神山		98.4	53.2	14.5	0	25.8	0	11.6	"
高野尾	A	48.1	9.2	6.2	55.4	9.2	20.0		すじ葉枯病多発
"	B	27.7	19.6	8.9	10.7	33.9	26.3		
"	C	57.1	76.4	12.7	0	7.3	3.6		品 種 ク サ ブ エ
久 居		38.6	28.6	31.2	0	15.6	23.4	16.4	秋 落 水 田
白 塚		100	52.6	6.6	0	39.5	1.3	7.6	塩 害 田
三 雲		95.4	0	34.4	0	6.3	59.4		

のは、いもち病をのぞけばごま葉枯病菌による穂枯れと考えられ、またごま葉枯病菌による穂枯れはイネ葉にごま葉枯病の病斑が多数認められる水田に多いように観察された。そこで津市近郊の穂枯れ常発地数か所を選び、葉の発病と穂枯れの発生状態を追跡調査すると同時に、穂枯れの発生が多い圃場および発生の少ない圃場から土壌を採集し、鉢栽培のイネを用いて葉のごま葉枯病と穂枯れ発生との関係について調査した。

1) 試験方法

発生地圃場における試験では、津市近郊の6圃場を選び、葉のごま葉枯病の調査は任意10株、1株3茎について葉身中央5cm 当り病斑数を出穂期、乳熟期、収穫期の3回、穂枯れについては任意10株、1株3穂について乳熟期～糊熟期、収穫期の2回調査した。

鉢栽培の試験に用いた土壌は、穂枯れの発生程度を異にすると同時に、津市近郊の土壌を代表すると考えられる4種で、下に示すとおりである。

一身田：沖積層の壤土、軽秋落水田

高野尾：洪積層の埴土、黒褐色で腐植が多く、りん酸吸収係数が高い。ごま葉枯病の常発地。

安 濃：沖積層の砂質壤土、ごま葉枯病の発生の多い秋落水田。

黒 田：沖積層の埴壤土、多収穫水田

供試イネは品種日本晴、苗代育苗の40日苗を上述べた土壌を入れた1/2000アールポットに移植し、屋外で栽培した。ごま葉枯病および穂枯れは自然発病とし、発病調査は圃場における追跡調査に準じておこない、また病枝梗の変色部について鈴木・山口⁹⁾の方法に従って病菌の検出をおこなった。

2) 試験結果

(1) 穂枯れ発生圃場における葉の発病と穂枯れとの関係

収穫期における葉のごま葉枯病と病枝梗率で示される穂枯れとの関係は、第1図に示されるように葉のごま葉枯病の病斑数の多いところほど穂枯れの発生が多いという結果が得られた ($r=0.94^{**}$)。穂枯れの発生の多いところでは、葉のごま葉枯病は出穂期にすでに止葉から下位葉にいたるまで病斑が多く認められ、収穫期にはほとんどの葉がごま葉枯病によって枯死の症状を示していた。なお穂枯れの発生程度は枝梗発病を目印として調査したのであるが、発生の多いところでも、少ないところでも発病時期はきわめておそく、乳熟期～糊熟期の調査では病枝梗はほとんど認められなかった。

(2) 各種の土壌に鉢栽培したイネにおける葉の発病

第1図 津市近郊の穂枯れ発生地圃場における葉のごま葉枯病と穂枯れとの関係

と穂枯れとの関係

各土壌に鉢栽培したイネの葉のごま葉枯病の発生は秋落水田砂質壤土の安濃と、りん酸吸収係数の高い高野尾に多く、多収穫田の黒田にきわめて少なく、従来現地圃場で観察されてきた葉のごま葉枯病の発生傾向と全く同じであった。穂枯れ発生と葉のごま葉枯病の発生との関係は第2図に示されるように、葉のごま葉枯病の発生の多いイネほど病枝梗で示される穂枯れの発生の多い結果を示した ($r=0.70^{**}$)。

第2図 穂枯れの発生程度を異にする各種の土壌に鉢栽培したイネの葉のごま葉枯病と穂枯れとの関係

(I：一身田，T：高野尾，A：安濃，K：黒田)

各土壌のイネごとに病枝梗の変色部分から病菌の検出をおこなったところ、第2表のとおり各土壌のイネともごま葉枯病菌の分離される頻度が高かった。病枝梗から分離されるごま葉枯病菌の割合をもとにして、ごま葉枯病菌による穂枯れの病枝梗率を求め、これと葉のごま葉枯病との関係をみると、きわめて高い相関値が得られ ($r=0.83^{**}$)、穂枯れ全体との相関よりも高い相関関係が認められた。

第2表 穂枯れの発生程度を異にする各種の土壤に鉢栽培したイネの病枝梗部から検出された病菌の種類とその割合 (%)

イネを栽培した土壤	いもち菌	ごま葉枯病菌	<i>Curvularia</i> sp.	<i>Cladosporium</i> sp.	<i>Fusarium</i> sp.	その他
一身田	14.7	17.6	20.6	17.6	0	29.4
高野尾	23.3	46.7	13.3	6.7	3.3	6.7
安濃	0	70.0	15.0	2.5	0	12.5
黒田	3.0	33.3	18.2	30.3	3.0	12.1

IV 圃場におけるごま葉枯病菌分生胞子の飛散の推移と穂枯れとの関係

圃場観察によると、ごま葉枯病菌による穂枯れの多発する水田では出穂前のイネの葉にごま葉枯病の病斑が多数認められる場合が多い。したがって葉の病斑に形成される分生胞子が穂を侵害し、穂枯れを起こすのではないかという想定ができる。そこで実際に穂枯れの発生する圃場に孢子採集器を設置し、ごま葉枯病菌分生胞子の飛散状況をイネの穂ばらみ期から収穫期まで調査し、分生胞子飛散の推移と穂枯れの発生時期との関係について検討した。

1) 試験方法

供試のイネは品種日本晴、ごま葉枯病菌による穂枯れの多発する農試場内圃場に一般慣行法に従って栽培した。

空中飛散の分生胞子の採集は、水田内の任意2か所を選び、それぞれイネの穂の高さに当る地上 80cm、および草間の地上 40cm の位置にグリセリンゼラチンを塗布したスライドガラスを東、西、上の3方向に向けて設置し、各 18mm² 48時間に採集される分生胞子の合計値を飛散胞子数とした。

発病調査は、葉身のごま葉枯病については出穂期、乳熟期、糊熟期、収穫期の4回、葉当たり総病斑数および葉脈の二次支脈の幅以上の大きさの大型病斑の数にわけて調査し、もみ発病および枝梗発病は同じく4回病もみ百分率、病枝梗百分率を調査した。孢子形成の可能な病斑の調査は、発病調査の当日に各葉位の葉を切りとって実験室に持ち込み、室温で3日間湿室に保った後、葉の表面にセロテープをはりつけ、病斑をセロテープ上にマジックインクでうつしとり、はぎとってスライドガラス上の水滴に浮かべ、病斑部の孢子形成の有無を調査した。

2) 試験結果

(1) 穂枯れ発生圃場におけるごま葉枯病菌分生胞子

の飛散

第3図は穂枯れの実際に発生する圃場において48時間に採集されるごま葉枯病菌の分生胞子を穂ばらみ末期から収穫期まで調査した結果を示している。穂の高さに当る地上 80cm のところで採集される胞子は穂ばらみ末期から糊熟期ころまでは少なく、糊熟期のおわり頃から収穫期にかけて急に増加した。地上 40cm の草間部のところでも同じように収穫期になって胞子の飛散する量は急激に増加した。しかしながら穂ばらみ末期から糊熟期にかけての草間部の飛散量は、穂の高さの地上 80cm に比べはるかに多かった。

第3図 穂枯れ発生圃場におけるごま葉枯病菌分生胞子の飛散状況

(2) 飛散分生胞子の発生源

ごま葉枯病菌分生胞子の飛散については二、三報告されており^{8,9)}、いずれも飛散の距離のきわめて短いことが述べられている。したがって圃場に飛散しているごま葉枯病菌の分生胞子の大部分はその圃場に栽培されているイネの病斑部から飛んできたものではないかと考えられる。そこで分生胞子の飛散状況の調査と平行して出穂期から収穫期までイネ葉の病斑数、特に分生胞子形成可能な病斑の数の推移について調査した。総病斑数および病斑の幅が葉脈の2次支脈の幅を越

える大型病斑の数の推移は第4図に示されるとおり、出穂期には各病斑とも上位葉に少なく、下葉に多く認められた。出穂期以後は収穫期まで各病斑ともほぼ直線的にその数が増加し、下位葉は上位葉に比べつねに数が多かった。

第4図 穂枯れ発生圃場における葉のごま葉枯病病斑数の推移

大型病斑のうち実際に分生胞子の形成される病斑の割合は、第5図に示されるように出穂期には少なく、わずかに下葉の第5葉に認められる程度であったのに対し、出穂期以後はしだいに増加して上位の葉にも認められるようになり、収穫期近くには止葉から第3葉まで認められ、第3葉ではすべての大型病斑に形成能力が認められた。したがって分生胞子の形成可能な病斑の数は出穂期には少なく下葉においてのみ認められ、以後収穫期までしだいに増加し、上位葉にも認められるようになるということができる。

第5図 大型病斑のうち胞子形成の可能な病斑の割合の推移

このような分生胞子の形成の可能な病斑の数の推移と空中を飛散する胞子の数の推移とを対比してみると、分生胞子の形成可能な病斑の数の多くなる収穫期には

空中飛散の胞子数が急激に増加し、また下位葉に分生胞子形成可能な病斑の比較的多い登熟初期には草間部に飛散胞子数が多いということが認められる。したがって胞子形成可能な病斑の数と空中飛散の分生胞子の推移とは全く一致しており、このことから飛散分生胞子の発生源を葉の病斑に求めることができるのではないかと考えられる。しかしながら収穫期近く、地上80 cmの穂の高さの位置において急激に増加する飛散分生胞子は、その一部は穂に発病したごま葉枯病（穂枯れ）に由来することも考えられる。したがって空中飛散の胞子の発生源をすべて葉の病斑に帰することはできないかもしれないが、イネの登熟期に圃場の空中に飛散している分生胞子の大部分は、その発生源を葉の病斑に求めることができるのではないかと考えられる。

(3) 穂枯れの発生時期と分生胞子飛散の推移との関係

穂枯れの発生状況について、出穂期から収穫期まで経時的にもみ発病と枝梗発病とにわけて調査した結果は第6図に示されている。もみ発病についてみると、出穂期～乳熟期間に病もみ率の最高値を示し、以後の増加は認められなかった。これに対し枝梗発病は、出穂～乳熟の期間にはほとんど認められず、糊熟期以後に発病し収穫期近くになって急激に増加した。

第6図 出穂期から収穫期にいたるまでの圃場における穂枯れの発生消長

このような発病経過を圃場における分生胞子の飛散量の推移と対比してみると、枝梗発病は飛散量の推移と一致し、もみ発病の発病経過は一致しない。一般に圃場における発病の多少は、多くの要因が関与しており、病原胞子の飛散量の多少も重要な要因のひとつと考えられるが、また同時に病菌の侵害をうける寄主の側の感受性（または抵抗性）によっても影響されると考えられる。イネの穂の Age とごま葉枯病菌に対す

る感受性との関係について、イネのみは出穂後急激にその抵抗性を増すのに対し¹⁾²⁾、枝梗は出穂後しだいに抵抗性が失われていくことが報告されている³⁾。したがって枝梗発病については、分生胞子の数の増加の点からも枝梗自身の抵抗性の失われていく点からも圃場で実際に認められる発病の経過と完全に一致する。一方もみ発病については、収穫期が近づくほど接種源が多くなるのであるが、病菌の侵入時期が限られているので、圃場における実際の発病は出穂、乳熟の間に限定されてしまうのではないかと考えられる。

V 考 察

穂枯れ症状のイネの穂から分離される糸状菌について、木谷⁴⁾は約10種類の菌をあげ、*Helminthosporium oryzae* が全国的に分離されることを述べ、さらに接種試験の結果 *Helminthosporium oryzae*, *Rhynchosporium oryzae* 以外にも *Curvularia lunata*, *Alternaria*, *Epicoccum* にある程度の病原性のあることを認めている。鈴木・山口⁵⁾は同じく穂くび、みごから分離される菌種約10種をあげ、病原性のあったものは *Pyricularia oryzae*, *Helminthosporium oryzae*, *Helminthosporium sigmoideum* (irregularare も含む) の3種であったと報告し、また森・松田⁷⁾は静岡県下の秋落田に多発生する穂枯れ症から菌の検出をおこない、主体は *Cochliobolus miyabeanus* であったと報告している。その他穂枯れから分離される菌の種類については多くの報告があるが、いずれもごま葉枯病菌が普遍的であり、筆者らの試験においてもいもち病菌をのぞけばごま葉枯病菌がもっとも重要なものであった。したがって穂枯れの主体をなすものはごま葉枯病菌とみて間違いないのではないかと考えられる。

木谷⁴⁾は穂枯れの診断法として穂くび、穂軸の基部を重視すると同時に、葉身、葉鞘の病徴をつけくわえて診断することを述べ、また鈴木・山口⁵⁾は穂枯れ症関与菌は茎葉の発生病害、その地帯の病害発生相などからある程度推定できることを述べており、いずれも穂枯れに関与する病菌と茎葉の病害の種類との間に関連のあることを述べている葉のごま葉枯病と穂枯れとの関係について筆者らのおこなった結果によれば葉のごま葉枯病の発生の著しい圃場に認められる穂枯れは、ごま葉枯病菌による穂枯れであり、さらに葉の

ごま葉枯病と穂枯れの発生との間に高い相関が認められた。

ごま葉枯病は一般に土壌などの欠かんに基づく秋落障害に伴って発生する病害であり、そのために本病にかかりやすいイネの体質、およびそのような体質をひき起こす環境条件が重視されている。したがってごま葉枯病および穂枯れの発生程度を種々異にする圃場の土壌を用いた鉢試験において、葉と穂の発病との間に認められた高い相関関係は、葉のごま葉枯病の発生しやすいイネでは穂のごま葉枯病(穂枯れ)も発生しやすいというイネの体質の問題に帰せられるのではないかと考えられる。しかしながらごま葉枯病菌による穂枯れの多発生する圃場において、空中飛散の分生胞子の推移と分生胞子の形成可能な葉の病斑の数の推移とは全く一致しており、しかも枝梗の発病時期が分生胞子の飛散量の急激に多くなる登熟後期にあるという事実が認められるので、葉のごま葉枯病が激発した場合、これが伝染源になって穂の発病も多くなるという両者の因果関係も見のがしてはならない事実ではないかと考えられる。

引用文献

- 1) FAZLI, S. F. Iman and H. W. SCHROEDER (1966): *Phytopath.* 56: 507-509.
- 2) 藤井 淳・渡辺康正・堀野 修 (1968): *日植病報*, 34: 175.
- 3) 後藤岩三郎 (1958): *山形大学紀要(農学)*, 2: 237-388.
- 4) 井上義孝・源辺康正 (1966): *東近農試研報*, 15: 179-216.
- 5) 河合一郎・柿崎 正 (1955): *農業改良技術資料*, 70.
- 6) 木谷清美・大畑貫一・久保千冬 (1970): *四国農試報告*, 22: 27-118.
- 7) 森 喜作・松田 明 (1963): *静岡農試研報*, 8: 43-62.
- 8) 鈴木穂積・山口富夫 (1970): *北陸病虫研報*, 18: 1-8.
- 9) 横木国臣・足立 操・石原淳男 (1956): *日植病報*, 21: 101.

Summary

The ear blighting of rice plant is the phenomenon which shows the dark brown coloured and blighted symptoms at panicle branch, kernel and neck. It is caused by various kinds of fungi except *Pyricularia*

oryzae. It is called panicle blast, when the causal fungus is *Pyricularia oryzae*.

The panicles showing the symptoms of ear blighting were collected from various paddy fields located near Tsu-city and examined for the causal fungi. *Pyricularia oryzae* was commonly found affecting the diseased panicle branches and *Cochliobolus miyabeanus* showed also a common occurrence. In most cases, *Pyricularia oryzae* was found in susceptible varieties to panicle blast. Rice plants which showed severe infection of brown spot lesions on the leaf blade was also infected by *Cochliobolus miyabeanus* at the panicles. *Cercospora oryzae* was found at the panicle branches of the rice plant which was affected with the causal fungus on the leaf blade and leaf sheath.

A positive relationship between brown spot lesions on the leaf blade and the incidence of ear blighting was observed in the field survey and also in our experimental studies. A closer relationship was also observed between the brown spot lesions on leaf blades and on the incidence of the panicle infection by *Cochliobolus miyabeanus*.

Spore trapping work was carried out during the course of panicle ripening in the paddy field where the panicle infection by *Cochliobolus miyabeanus* was predominant. The amount of conidia of *Cochliobolus miyabeanus* dispersed at the early stages of panicle ripening was very much less compared to the heavy amount of conidia dispersed during the harvesting stage. Conidia dispersing at the level of 40 cm height in the paddy field was more than at the level 80 cm height (at the same level of panicle growth) for the periods between flowering to soft dough.

The larger sized lesions having the ability for conidia production on the leaves were less and distributed only in the lower leaves during the early stages of panicle ripening. During the later stages the lesions increased and was distributed not only in the lower leaves but also in the upper leaves.

Infection by *Cochliobolus miyabeanus* on the panicle branches occurred almost near harvesting stage of the crop.

The transition and distribution of the conidia dispersion in the field and the large size of lesions on the leaves coincided with the time of the outbreak of panicle branch infection by *Cochliobolus miyabeanus*.

Therefore it appears that the inocula of the panicle branch infection by *Cochliobolus miyabeanus* came from brown spot lesions on the leaves of the rice plant, even though the kernel infection occurred only during the early stages of panicle ripening due to the limitation of fungal penetration to the kernel at this stage.

(昭47.12.1.受付)