

イネ墨黒穂病の圃場における感染時期の推定

石川 浩司・黒田 智久・岩田 大介

Kouji ISHIKAWA, Tomohisa KURODA and Daisuke IWATA :

Estimation of the infection period of kernel smut in the field

イネ墨黒穂病の圃場における感染時期を推定するため、2010年、2011年に自然感染条件の圃場から、イネの抜き株試験（抜き株）とポット栽培イネの圃場への暴露試験（暴露）を行った。その結果、出穂期10日前以前に抜き株、暴露を行ったイネの発病はなく、出穂期2～4日前に抜き株、暴露を行ったイネの一部で僅かに発病が認められた。出穂期～出穂期12日後頃の発病株割合は他の時期に比べ高く、発病粒数も多かった。それ以降は、抜き株での発病増加は認められず、暴露での発病も僅かに認められるのみであった。これらの発病状況から、圃場における墨黒穂病の感染時期は出穂期直前～出穂期12日後頃と推定された。

Key words : イネ墨黒穂病, 感染時期, kernel smut, rice, infection period

緒言

イネ墨黒穂病は *Tilletia horrida* Y. Takahashi (病原異名: *Tilletia barclayana* (Brefeld) Saccardo & P. Sydow) の感染によりイネの籾に発生する病害で、収量と品質の両方に影響する¹⁰⁾。農林水産省が定めた「国内産農産物の被害粒等の取扱要領 (平成16年3月12日, 15総食第719号)」において「油煙, 米穀の臭い以外の臭い及び稲こうじ病菌, イネ墨黒穂病菌の損傷を受けていることが確認されたものについては規格外とする。」とされ、2004年以降、農産物検査で墨黒穂病による汚損粒の混入が確認されると規格外とされるようになった。新潟県では2008年以降、糯品種「わたぼうし」を中心に墨黒穂病による規格外米が多く発生し、安定生産の阻害要因となっている。

墨黒穂病の伝染源は圃場で越冬した厚壁孢子であり、田面水に浮かんだ厚壁孢子が発芽して1次小生子を形成し、1次小生子はさらに発芽して多量の2次小生子を形成する。形成された1次、2次小生子が飛散して開花中の穎花に感染するとされている¹⁰⁾。しかし、穂ばらみ期に止葉葉鞘内の幼穂に孢子懸濁液を接種すると自然感染

より多くの感染籾が得られる²⁾ことや、浸透移行性がないとされている無機銅粉剤の出穂期20～10日前の散布で防除効果が認められる^{4,5)}など、穂ばらみ期やそれ以前の感染を示唆するような報告もある。感染時期は薬剤の散布適期を考える上で重要である。しかし、圃場においてどの時期に自然感染が起きているのかを定量的に研究した報告はない。そこで、本研究では圃場における自然感染時期を明らかとすることを目的として、自然感染条件の圃場で、イネ株の抜き株とポットで栽培したイネの自然感染条件の圃場への暴露を行い、感染時期の推定を試みた。

材料および方法

試験は2010年、2011年に新潟県長岡市飯塚の「わたぼうし」を栽培した墨黒穂病の自然感染条件の圃場で実施した。

抜き株試験では、所定の時期 (第1表, 第2表) に圃場内の5ヶ所から平均的な茎数に近いイネを根圏土壌とともに抜き取り、1株ずつ1/5000aワグネルポットに植え替え、作物研究センターの野外に設置した簡易水田

(ダイライト社製角形容器RL-500L, 内寸1700×780×384 mm)で管理した。圃場における穂肥施用前に抜き株したイネには、穂肥として水に溶解した硫酸アンモニウムを用い、窒素成分量で1ポットあたり0.3gを2回施用した。

イネの暴露試験では、1/5000aワグネルポットで栽培したイネを用いた。2010年は5月12日, 2011年は出穂期を異ならせるために播種時期を変え, 5月13日(標準植区), 6月13日(遅植区)に, 1/5000aワグネルポットの中央に「わたぼうし」の苗を4本植で1株移植し, 作物

研究センターの野外に設置した簡易水田で栽培した。栽培には市販の粒状培土2.8ℓに, N, P₂O₅, K₂Oをそれぞれ成分量で1ポットあたり0.6gとなるよう加えた培土を用いた。穂肥として水に溶解した硫酸アンモニウムを用い, 窒素成分量で1ポットあたり0.3gを2回施用した。ポットで栽培したイネの暴露は, 所定の時期(第1表, 第2表)にイネを自然感染条件の圃場に設置し, 設置約7日後に圃場より持ち出した。暴露後のイネは抜き株試験と同様に作物研究センターに持ち帰り, 野外に設置した簡易水田で管理した。比較対照として, ポットで

第1表 抜き株, 暴露株の圃場暴露期間と発病株数 (2010年)

	出穂後 ^{a)} 日数	圃場での暴露期間							発病株 /調査株
		移植	6/28	7/5	7/12	7/20	7/26	8/2	
抜き株	-24	←→							0/5
出穂期	-17	←→							0/5
7/22	-10	←→							0/5
	-2	←→							0/5
	4	←→							5/5
	11	←→							5/5
暴露	-17	←→							0/5
出穂期	-10	←→							0/5
7/22	-2	←→							0/4
	4	←→							4/4
	11	←→							5/5
暴露なし									0/5

a) 暴露試験の出穂後日数は暴露終了日で示した。

第2表 抜き株, 暴露株の圃場暴露期間と発病株数 (2011年)

	出穂後 ^{a)} 日数	圃場での暴露期間										発病株 /調査株
		移植	7/5	7/12	7/19	7/26	8/2	8/9	8/16	8/23	8/31	
抜き株	-18	←→										0/5
出穂期	-11	←→										0/5
7/23	-4	←→										1/5
	3	←→										4/5
	10	←→										5/5
	17	←→										5/5
	24	←→										5/5
暴露 (標準植)	-9	←→										0/5
	-2	←→										1/5
出穂期	5	←→										3/5
7/21	12	←→										5/5
	19	←→										0/5
	26	←→										0/5
暴露なし												0/5
暴露 (遅植)	-16	←→										0/5
	-9	←→										0/5
出穂期	-2	←→										2/5
8/11	5	←→										5/5
	12	←→										5/5
	20	←→										2/5
暴露なし												0/4

a) 暴露試験の出穂後日数は暴露終了日で示した。

栽培し圃場に暴露しないイネを用意した。

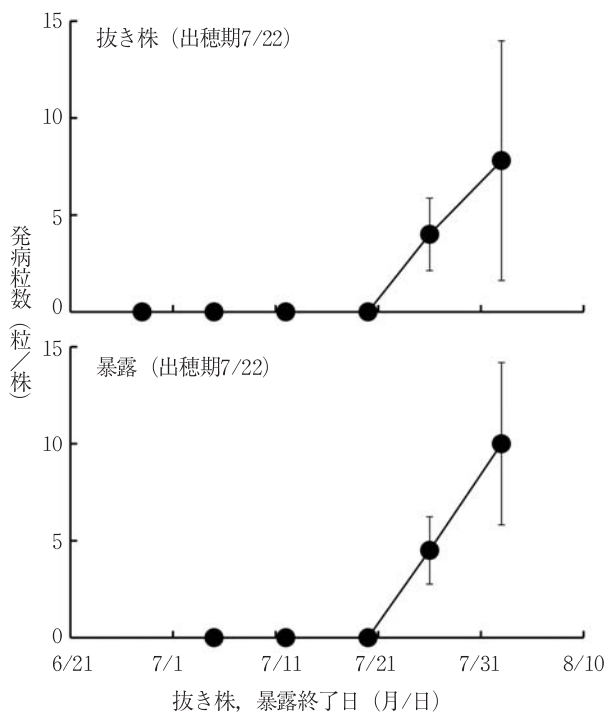
発病調査は成熟期（出穂期36日後頃）に、株毎に発病穂数、発病粒数を調査した。2011年には、暴露した株について、暴露開始時と終了時に茎毎の出穂状況をあわせて調査した。

結 果

2010年

抜き株試験におけるイネの出穂期は7月22日であった。発病は7月20日（出穂期2日前）以前に抜き株したイネでは認められず、7月26日（出穂期4日後）に抜き株したイネで初めて確認された。出穂期4日後以降に抜き株したイネは全株が発病した。発病粒数は7月26日（出穂期4日後）に抜き株したイネで4.0粒/株、8月2日（出穂期11日後）に抜き株したイネで7.8粒/株となり、8月2日（出穂期11日後）のイネで発病粒数が多かった（第1表、第1図）。

暴露試験におけるイネの出穂期は7月22日であった。発病は7月20日（出穂期2日前）以前に暴露を終了したイネでは認められず、7月26日（出穂期4日後）に暴露を終了したイネで初めて確認された。出穂期4日後以降



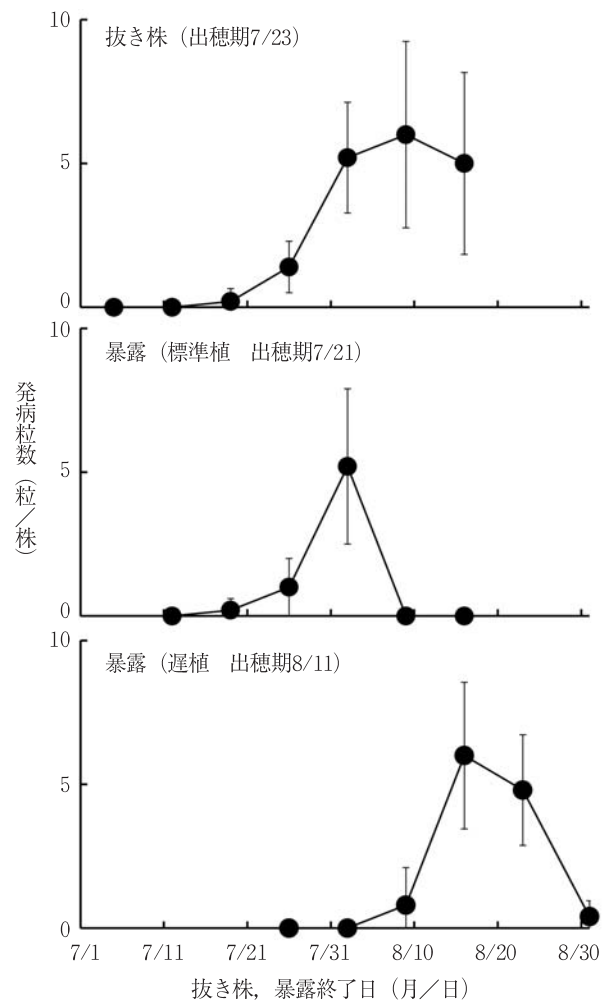
第1図 抜き株, 暴露終了時期とイネ墨黒穂病の発病 (2010年)^{a)}

a) 図中のバーは標準偏差を示す。

に暴露を終了したイネは全て発病した。発病粒数は7月20日（出穂期2日前）～7月26日（出穂期4日後）に暴露したイネで4.5粒/株、7月26日（出穂期4日後）～8月2日（出穂期11日後）に暴露したイネで10.0粒/株となり、遅い時期に暴露したイネで多かった（第1表、第1図）。

2011年

抜き株試験におけるイネの出穂期は7月23日であった。7月12日（出穂期11日前）以前に抜き株した株の発病は認められなかった。7月19日（出穂期4日前）に抜き株したイネ5株のうちの1株で発病が認められた。発病粒数は7月19日（出穂期4日前）0.2粒/株、7月26日（出穂期3日後）1.4粒/株、8月2日（出穂期10日後）5.2粒/株と抜き株の時期が遅いイネほど多くなり、それ



第2図 抜き株, 暴露終了時期とイネ墨黒穂病の発病 (2011年)^{a)}

a) 図中のバーは標準偏差を示す。

以降は発病粒数の増加は認められなかった（第2表、第2図）。

暴露試験におけるイネの出穂期は、標準植区で7月22日、遅植区で8月11日であった。標準植区では、7月19日（出穂期2日前）に暴露を終了したイネで、5株中1株で株あたり1穂の発病が認められた。発病した1穂は暴露終了時に未出穂であった。発病粒数は、7月19日（出穂期2日前）に暴露を終了したイネで0.2粒/株、7月26日（出穂期5日後）に暴露を終了したイネで1.0粒/株、8月2日（出穂期12日後）に暴露を終了したイネでは5.2粒/株と暴露の時期が遅くなるほど多くなり、8月2日以降に暴露した株は発病しなかった。遅植区では8月9日（出穂期2日前）に暴露を終了したイネで、5株中2株で株あたり1穂の発病が認められた。発病した2穂は暴露終了時に出穂済みであった。発病粒数は、8月16日（出穂期5日後）と8月23日（出穂期12日後）に暴露を終了したイネで6.0粒/株、4.8粒/株と多く、8月31日（出穂期20日後）に暴露を終了したイネでは0.4粒/株と少なかった。同じ時期に暴露しても、標準植区と遅植区のイネで発病状況が異なった。すなわち、7月26日、8月2日に暴露を終了したイネは、出穂期を過ぎた標準植区では発病し、出穂前の遅植区では発病しなかった。逆に、8月9日、16日に暴露を終了したイネは、出穂期19日後、26日後の標準植区では発病せず、出穂期2日前、5日後の遅植区では発病した（第2表、第2図）。

2カ年ともポットで栽培し自然感染条件の圃場に暴露しなかったイネは発病しなかった（第1表、第2表）。

考 察

本研究では、自然感染条件の圃場（同一圃場で行った薬剤防除試験の無処理区における発病粒数は、2010年3.5粒/株、2011年1.8粒/株）からの抜き株とポットで栽培したイネの自然感染条件の圃場への暴露により、圃場におけるイネ墨黒穂病の自然感染時期の推定を試みた。圃場からの抜き株試験では、発病は出穂期の直前から僅かに認められ、出穂期10日後頃までに発病が多くなり、それ以降は発病粒数の増加は認められなかった。発病粒数に変化がないのは、新たな感染がないためと推定された。暴露試験では、圃場に暴露しなかったイネが発病しなかったことから、暴露したイネの発病は自然感染条件の圃場への暴露によるものと考えられた。暴露したイネ

の発病は出穂期の直前に暴露を終了したイネから僅かに認められ、穂ぞろい期頃～出穂期12日後に暴露を終了したイネの発病が多く、それ以降の発病は僅かであった。このように、抜き株試験と暴露試験ではほぼ同様な発病の消長を示したことから、圃場における墨黒穂病の感染は、出穂期直前から出穂期12日後頃までの間に成立し、感染量は穂ぞろい期頃から出穂期12日後頃の間が最も多いと推定された。

2011年の暴露試験で、同じ時期に暴露した出穂期の異なるイネでは、暴露期間におけるイネの出穂期後日数の違いにより発病状況が異なった。すなわち、気象条件や胞子の飛散量が同一であると考えられる状況において、出穂期の異なるイネの発病株数や発病粒数に差が現れた。したがって、この時の墨黒穂病の発病の消長は、感染に好適な気象条件や胞子の飛散量ではなく、イネの生理的要因によると考えられる。生理的要因としてはイネの感受性や感染可能な穎花数などが考えられる。

原田ら²⁾は穂ばらみ期のごく後期（各穂の出穂開始2日前）ないし出穂期に止葉葉鞘内の幼穂に孢子懸濁液を接種すると自然感染より多くの感染率が得られることを報告している。しかし、本研究では出穂期前の感染はごく少なく、出穂期～穂ぞろい期までの感染もそれ以降より少なかった。また、2011年の暴露試験において穂ばらみ期の感染と推定されたのは、暴露終了時に未出穂であった標準植区の1株のみであった。これらから、自然感染条件の圃場における穂ばらみ期の感染は少ないと考えられた。自然状態では、高濃度の孢子懸濁液を止葉葉鞘内に注射する接種とは異なり、飛散する胞子の数が少ないか、物理的に止葉葉鞘内に胞子が入らないなどの理由で、感染が少ないと考えられる。

銅粉剤は、出穂期20～10日前の散布で高い防除効果が認められている^{4,5)}。本研究では出穂期10日前以前のイネへの感染は確認されなかった。出穂期20日前は止葉の抽出前で幼穂もまだ小さく、浸透性のない無機銅剤がこのような散布時期で防除効果を示す理由を感染時期から説明することは出来なかった。

墨黒穂病の感染経路には、苗感染説と開花期感染説があった^{1,2,5,6,8)}が、開花期に孢子懸濁液を接種すると発病すること^{1,9)}や、穂の中で発病粒の分布がランダムである等の状況⁹⁾から、現在は開花期感染すると考えられている¹⁰⁾。本研究では、出穂期10日前以前に抜き株をしたイネが発病せず、ポットで栽培し出穂期以降に圃場に暴露したイネが発病したことから、開花期感染説を支持す

る結果となった。

墨黒穂病が開花中の穎花のみに感染するならば、発病粒数増減の消長は開花穎花数の消長に類似するとともに、1穂内の穎花の開花順序には規則性がある³⁾ため、感染の多い時期に開花した特定部位の穎花に発病が集中すると期待される。しかし、本研究では、穂ぞろい期以降に多くの感染があったと推定され、開花穎花数の消長と異なった。すなわち、イネは圃場全体の10~20%の株が出穂(出穂始め)すると、その約2日後には40~50%の株が出穂し(出穂期)、さらにその2~3日後には全体の90%前後の株が出穂する(穂ぞろい期)³⁾。松島らの観察例によると、1穂内の開花穎花の累積頻度はほぼ直線的に増加し、出穂8日目にはほぼ全ての穎花が開花する³⁾。これらからイネ群落内の穎花は、穂ぞろい期までに半分以上が開花すると推定される。また、穂の中で発病粒の分布はランダム^{7,9)}とされ、特定部位の穎花に発病が集中することはない。これらのことから、穂ぞろい期を過ぎてから多くの感染が認められるのは、開花後の穎花への感染がある可能性を示唆している。穂ばらみ期の接種で発病する報告²⁾や、2011年の暴露試験において暴露終了時に未出穂の穂が発病したのは、感染に開花が不要な事例と考えられる。今後、開花中の穎花以外への感染の有無やその機構について解明する必要がある。

本研究により、圃場における自然感染の時期や感染量の経時的消長が明らかとなったことから、墨黒穂病の防除対策策定に役立つと期待される。

引用文献

- 1) Chowdhury, S. (1951) Studies in the bunt of rice (*Oryza Sativa* L.). Indian Phytopathology 4 : 25~37.
- 2) 原田幸雄・三橋泰仁・松田正樹 (1994) 穂ばらみ期注射接種によるイネ墨黒穂病の発病. 日植病報60 : 624~629.
- 3) 星川清親 (1975) 出穂と開花・受精. 稲の生長, 245~252, 農文協, 東京.
- 4) 石川浩司・黒田智久・岩田大介 (2012) イネ墨黒穂病に対する3種薬剤の散布適期. 北陸病虫研報61 : 29 (講要).
- 5) 岩田大介・堀 武志・石川浩司・黒田智久 (2010) 新潟県における2008, 2009年のイネ墨黒穂病多発生と有効薬剤の検索. 日植病報76 : 211 (講要).
- 6) 兼平 勉・土佐佳史・篠原政行 (1988) イネ墨黒穂病とその病原菌. 植物防疫42 : 9~12.
- 7) 笠井康史・浅野英明・金山正栄・里村孝一 (1996) 新潟県中越地域におけるイネ墨黒穂病の多発生について. 北陸病虫研報44 : 39~42.
- 8) 大畑貫一 (1998) 日本植物病害大辞典 (岸國平編). 52~53, 全国農村教育協会, 東京.
- 9) Templeton, G. E. (1961) Local infection of rice florets by the rice kernel smut organism, *Tilletia horrida*. Phytopathology 51 : 130~131.
- 10) Whitney, N. G. (1992) Kernel smut. Compendium of Rice Diseases. (R. K. Webster and P. S. Gunnell, eds.) 28~29, American Phytopathological Society, St. Paul, MN.

(2013年12月17日受理)