

オキシリニック酸と種子の塩水選を用いたイネもみ 枯細菌病に対する防除体系の確立*

曳地 康史**†・江上 浩***

Yasufumi HIKICHI**† and Hiroshi EGAMI*** : Control System for Bacterial
Grain Rot of Rice with Oxolinic Acid and Seed Selection with Salt Solution

Abstract

Seeds obtained from rice plants, which had been sprayed with oxolinic acid (5-ethyl-5,8-dihydro-8-oxo[1,3]dioxolo[4,5-g]quinoline-7-carboxylic acid, Starner®) at the concentration of 200 µg/ml at heading time, were selected with a solution of ammonium sulfate with the specific gravity of 1.13 and were dipped in a solution of oxolinic acid at the concentration of 1000 µg/ml for 24 hr. Rice plants raised from these seeds were sprayed with oxolinic acid at heading time. This control system was highly efficacious in the control of bacterial seedling rot and bacterial grain rot of rice caused by *Pseudomonas glumae*. And populations of *P. glumae* on spikelets and grains decreased remarkably. These results demonstrated that this control system had a great influence on infection cycle of *P. glumae*.

(Received January 19, 1995 ; Accepted March 29, 1995)

Key words : *Pseudomonas glumae*, bacterial grain rot, bacterial seedling rot, oxolinic acid, seed selection.

緒 言

Pseudomonas glumae は、イネの苗に苗腐敗症^{24,25)}を、出穂後のもみにもみ枯細菌病¹⁴⁾を引き起こす種子伝染性^{3,16,20)}の植物病原細菌である。イネ苗腐敗症は人為的な加温による施設育苗を主とする東北や北陸地方を中心とした東日本で、イネもみ枯細菌病は九州や四国地方などの西南暖地で発生が多い^{17,18)}。イネ育苗時の幼芽と開花直後の小穂に生存する病原細菌 *P. glumae* の菌数の著しい増加は、イネ苗腐敗症とイネもみ枯細菌病の発病に密接に関連している^{7,9,10,22)}。通常、本田において、*P. glumae* は根や地際部の葉鞘に $10^3 \sim 10^5$ colony forming unit/gram fresh weight (cfu/g) の細菌数で生存しており、穂ばらみ期以降に止葉葉鞘などの上位葉鞘で生存が認められる^{9,16,20)}。

オキシリニック酸 (5-ethyl-5,8-dihydro-8-oxo[1,3]dioxolo[4,5-g]quinoline-7-carboxylic acid, スターナ®) による種子処理は、催芽時の幼芽に生存する病原菌の増加を抑制して、イネ苗腐敗症に対して高い防除効果を示す^{5,7)}。

また、オキシリニック酸の出穂期処理は、開花後の小穂に生存する病原菌の増加を抑制して、イネもみ枯細菌病に対して高い防除効果を示す⁹⁾。しかし、薬剤処理後も *P. glumae* は低い菌数でイネ体に生存するため、種子処理のみではイネもみ枯細菌病が発生し、出穂期の処理のみでは翌年にイネ苗腐敗症が発生する恐れがある。また、汚染種子の除去を目的として種子の塩水選によってイネ苗腐敗症に対して防除効果が認められるが、その効果は実用的には不十分である^{4,15,23)}。

本論文では、オキシリニック酸による種子処理と出穂期の処理および種子の塩水選を組み合わせた防除体系を2カ年にわたって行い、イネ苗腐敗症とイネもみ枯細菌病に対する防除効果と、小穂、もみおよび種子に生存する病原菌の菌数の推移に及ぼす影響について検討した。なお、本論文では、小枝梗の先につく果実(玄米)を穎(もみ殻)が包んだ形のを、乳熟期までは小穂(spikelet)、それ以後はもみ(grain)と称した¹¹⁾。また、育苗に用いたもみを種子(seed)と称した。

* 本論文の一部は平成4年度日本植物病理学会関西部会で発表した。

** 住友化学工業(株)農業化学品研究所加西試験農場 Kasai Experimental Farm, Agricultural Chemicals Research Laboratory, Sumitomo Chemical, Co., Ltd., 636-2, Kishiro, Kasai, Hyogo 675-23, Japan

*** 住友化学工業(株)アグロ事業部 Agro Division, Sumitomo Chemical, Co., Ltd., 2-27-1, Shinkawa, Chuo-ku, Tokyo 104, Japan

† 現在:(財)岩手生物工学研究センター Present address: Iwate Biotechnology Research Center, 22-174-4, Narita, Kitakami, Iwate 024, Japan

材料および方法

供試植物 イネ (*Oryza sativa* L., 品種日本晴) の種子を硫酸アンモニウム溶液 (比重 1.13) で塩水選して試験に供試した。浸種を 20°C で 3 日間, 催芽を 30°C, 多湿下で 1 日間行い, 育苗箱に播種した。出芽を 30°C, 多湿・暗黒下で 3 日間行った後, 温室内で育苗を行った。1990 年 6 月 8 日に, 1 区 20 m² として播種 21 日後の無病微苗を移植した。全体の 40% の穂が出穂した日である出穂期¹⁾は 8 月 19 日であった。10 月 11 日に収穫したもみを 4°C で保存した。1991 年の 5 月 15 日に前年度に採種した種子を硫酸アンモニウム溶液で塩水選し, 6 月 12 日に播種 21 日後の苗を移植した。出穂期は 8 月 16 日で, 10 月 8 日に収穫を行った。

供試細菌 愛媛県農業試験場より分譲を受けた *P. glumae* Pg-4 株⁶⁾ の懸濁液を 1×10⁸ cfu/ml の菌数に調整し, 種子と最高分けつ期の接種に用いた。1990 年 5 月 11 日に, 種子を *P. glumae* の懸濁液に 4 時間浸漬した後, 室温で一晩風乾した。最高分けつ期の 1990 年 7 月 15 日に *P. glumae* 懸濁液を動力型噴霧機を用いて 150 ml/m² で噴霧接種した。

供試薬剤 1990 年 5 月 12 日と 1991 年 5 月 16 日に, 種子を等容量のオキシリニック酸水和剤 200 倍希釈液 (1000 μg/ml) に 24 時間浸漬した (Fig. 1)。1990 年 8 月 17 日と 1991 年 8 月 16 日に, オキシリニック酸水和剤 1000 倍希釈液 (200 μg/ml, 0.025% 特製リノー®含有) を動力型噴霧機を用いて 150 ml/m² の薬量で散布した。

発病調査 移植前の 1991 年 6 月 4 日に全苗のイネ苗腐敗症の発病度を調査した。発病指数は既報⁷⁾に準じ, 次式によって発病度を算出した。なお, 腐敗枯死苗を発病指数 2, 発病指数 2 以外の発病苗を発病指数 1 とした。

$$\text{発病度} = \frac{\sum(\text{発病指数} \times \text{苗数})}{2 \times \text{総苗数}} \times 100$$

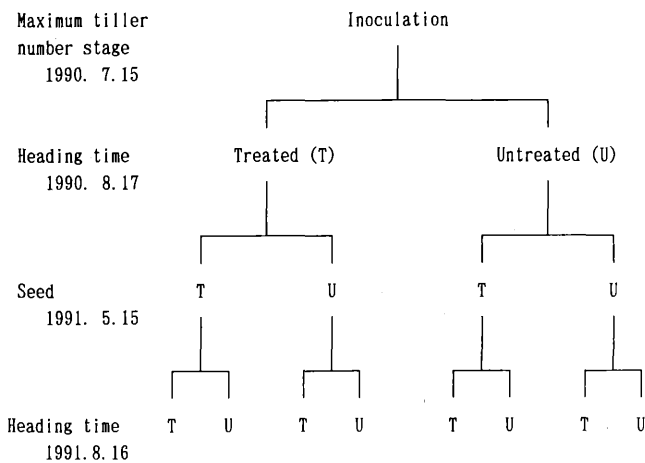


Fig. 1. Schedule of treatment with oxolinic acid.

イネもみ枯細菌病の発病調査は, 1990 年 9 月 11 日と 1991 年 9 月 7 日に行った。1 区当たり任意に 50 株を抽出し, 既報⁹⁾に準じ, 次式によって株当りの発病度を求め, その平均を区の発病度とした。なお, 1 穂中の発病もみの割合が, 61% 以上の穂を発病指数 4, 31~60% の穂を発病指数 3, 11~30% の穂を発病指数 2 および 10% 以下の穂を発病指数 1 とした。

$$\text{株当りの発病度} = \frac{\sum(\text{発病指数} \times \text{穂数})}{4 \times \text{調査穂数}} \times 100$$

小穂, もみおよび種子に生存する *P. glumae* の菌数の測定 1 株ずつの小穂ともみに生存する *P. glumae* の菌数と, 10 g の種子に生存する *P. glumae* の菌数を 5 反復調査した。1990 年は出穂期 8 日前, 出穂期 2 日前および出穂期 6 日後の小穂と出穂期 53 日後に収穫したもみを, 1991 年は塩水選前後と種子処理後の種子, 出穂期と出穂期 6 日後の小穂および出穂期 53 日後に収穫したもみを採取した。採取組織の生重を測定後, 乳鉢と乳棒を用いて滅菌水とともに磨砕し S-PG 培地²¹⁾を用いて平板希釈法により *P. glumae* の菌数を求めた。なお, 培養は 40°C で 2 日間行った。

実験結果

イネもみ枯細菌病とイネ苗腐敗症の発病度

1990 年のイネもみ枯細菌病の発病度は, 無処理区では 38 と多発生であったが, オキシリニック酸を出穂期に処理した区では 3 となった。

1991 年のイネ苗腐敗症の発病度は, 1991 年にオキシリニック酸による種子処理を行わなかった場合, 前年度の出穂期に処理を行わなかった区では 9.8 であったが, 処理区では 2.9 となった (Table 1)。一方, 種子処理区では, イネ苗腐敗症の発病度に前年度のオキシリニック酸による出穂期処理の有無による有為な差は認められず, いずれも高い防除効果を示した。

1991 年のイネもみ枯細菌病の発病度は, 前年度の出穂期および 1991 年の種子と出穂期にオキシリニック酸による処理を全く行わなかった区では 5.8 であったが, すべての処理を行った区では 0.1 となった (Table 2)。これは, 出

Table 1. Effect of oxolinic acid on disease severity of bacterial seedling rot of rice in 1991

Seed-treatment in 1991 ^{a)}	Disease severity	
	Treated ^{b)}	Untreated
Treated	0.2 C ^{c)}	0.3 C
Untreated	2.9 B	9.8 A

a) Rice seeds, which were selected with a solution of ammonium sulfate with the specific gravity of 1.13, were dipped in a 1000 μg/ml solution of oxolinic acid.

b) Rice plants at heading time in 1990 were sprayed with a 200 μg/ml solution of oxolinic acid.

c) D.M.R.T. (*p*=0.05).

Table 2. Effect of oxolinic acid on disease severity of bacterial grain rot of rice in 1991

Treatment at the heading time ^{a)}	Disease severity			
	Treated in 1990 ^{b)}		Untreated in 1990	
	Seed-treated ^{c)}	Untreated	Seed-treated	Untreated
Treated	0.1 D ^{d)}	0.9 CD	1.0 CD	1.2 CD
Untreated	2.4 BC	3.7 B	4.1 AB	5.8 A

- a) Rice plants at heading time in 1991 were sprayed with a 200 $\mu\text{g/ml}$ solution of oxolinic acid.
 b) Rice plants at heading time in 1990 were sprayed with a 200 $\mu\text{g/ml}$ solution of oxolinic acid.
 c) Rice seeds, which were selected with a solution of ammonium sulfate with the specific gravity of 1.13, were dipped in a 1000 $\mu\text{g/ml}$ solution of oxolinic acid in 1991.
 d) D.M.R.T. ($p=0.05$).

Table 3. Effect of oxolinic acid on populations of *Pseudomonas glumae* on spikelets and grains of rice plants in 1990

Growth stage	cfu/g fresh weight	
	Treated ^{a)}	Untreated
Booting ^{b)}		4×10^3
Early heading ^{c)}		4×10^5
Late heading ^{d)}	1×10^5	2×10^9
Maturity ^{e)}	2×10^5	6×10^8

- a) Rice plants at heading time were sprayed with a 200 $\mu\text{g/ml}$ solution of oxolinic acid in 1990.
 b) 8 days before heading time.
 c) 2 days before heading time.
 d) 6 days after heading time.
 e) 53 days after heading time.

Table 4. Effect of oxolinic acid on populations of *Pseudomonas glumae* on rice seeds, spikelets and grains of rice plants in 1991

Growth stage	cfu/g fresh weight			
	Treated in 1990 ^{a)}		Untreated in 1990	
	Seed-treated ^{b)}	Untreated	Seed-treated	Untreated
Before seed selection ^{c)}		2×10^5		1×10^8
After seed-treatment ^{b)}	9×10^2	8×10^4	3×10^4	7×10^5
Heading ^{d)}	6×10^3	8×10^5	2×10^4	4×10^6
Late heading ^{e)}				
Treated in 1991 ^{f)}	1×10^3	9×10^4	5×10^4	3×10^5
Untreated	1×10^5	9×10^6	8×10^6	1×10^8
Maturity ^{g)}				
Treated in 1991	3×10^2	5×10^4	5×10^4	7×10^4
Untreated	1×10^5	6×10^6	9×10^6	1×10^7

- a) Rice plants at heading time were sprayed with a 200 $\mu\text{g/ml}$ solution of oxolinic acid in 1990.
 b) Rice seeds were dipped in a 1000 $\mu\text{g/ml}$ solution of oxolinic acid in 1991.
 c) Rice seeds were selected with a solution of ammonium sulfate with the specific gravity of 1.13.
 d) Before application with oxolinic acid.
 e) 6 days after heading time.
 f) Rice plants at heading time were sprayed with a 200 $\mu\text{g/ml}$ solution of oxolinic acid in 1991.
 g) 53 days after heading time.

穂期や種子における単一処理区と比べても低かった。

小穂、もみおよび種子に生存する *P. glumae* の菌数

1990年出穂期後の小穂に生存する *P. glumae* の菌数は、オキシロニック酸処理を行わなかった区では著しく増加したが、処理区では *P. glumae* の菌数の増加は抑制された (Table 3)。収穫したもみに生存する *P. glumae* の菌数は、無処理区で 6×10^8 cfu/g、処理区で 2×10^5 cfu/g となった (Table 3)。

1991年塩水選前の種子に生存する *P. glumae* の菌数は、前年度の出穂期にオキシロニック酸処理を行わなかった区で 1×10^8 cfu/g、処理区で 2×10^5 cfu/g となった (Table 4)。塩水選後には、それぞれ 7×10^5 cfu/g、 8×10^4 cfu/g となり、オキシロニック酸による種子処理後には、それぞれ 3×10^4 cfu/g、 9×10^2 cfu/g となった (Table 4)。

1991年穂ぞろい期の小穂に生存する *P. glumae* の菌数は、前年度の出穂期および1991年の種子と出穂期にオキシロニック酸による処理を全く行わなかった区で 4×10^6 cfu/g、すべての処理を行った区では 6×10^3 cfu/g となった (Table 4)。

1991年に収穫したもみに生存する *P. glumae* の菌数は、オキシロニック酸による処理を全く行わなかった区で 1×10^7 cfu/g、すべての処理を行った区で 3×10^2 cfu/g となった (Table 4)。

考 察

病害の防除として、合成化合物や抗生物質による化学的防除のほかに、耕種的防除、物理的防除および生物的防除などがある^{12,13)}。難防除病害が多い細菌病の防除として、化

学的防除とともに耕種的防除や物理的防除などの併用によって病原細菌数を低密度で推移させることは重要である²⁾。オキシリニック酸による種子処理と出穂期における処理および種子の塩水選を組み合わせた防除体系を行ったところ、オキシリニック酸の単一処理と比べて高い防除効果が得られた。また、小穂、もみおよび種子に生存する *P. glumae* の菌数が著しく減少した。この防除効果は、オキシリニック酸処理による小穂、もみおよび種子に生存する *P. glumae* の菌数の減少と、汚染程度が高く稔性の低い種子の塩水選による除去によるものと考えられた。イネ苗腐敗症は、育苗箱内で汚染種子を中心に坪状に拡大することから^{1,8)}、発生の拡大の伝染源となる汚染程度の高い種子の塩水選による除去は、防除効果に大きく寄与したと考えられた。

イネ苗腐敗症とイネもみ枯細菌病の発生に地域的な片寄りが認められることから、これら病害に対する防除も、東日本では種子処理が、西南暖地では本田処理が主である^{17,18)}。イネ苗腐敗症とイネもみ枯細菌病に対して、オキシリニック酸による種子処理と出穂期における処理は高い防除効果を示すが、処理後も低い細菌数で *P. glumae* はイネ体に生存している^{7,9)}。本論文の結果においても、出穂期にオキシリニック酸による処理を行ったイネの収穫もみを翌年播種したところ、イネ苗腐敗症の発生が認められた。また、種子処理を行ったイネにおいても、イネもみ枯細菌病の発病が認められた。すなわち、オキシリニック酸による単一処理では *P. glumae* の伝染環を絶つことはできないものと考えられた。主要な伝染経路が種子伝染である病害の防除の基本は、健全種子の確保と種子消毒である¹⁹⁾。本論文で示した防除体系は、オキシリニック酸の出穂期処理と塩水選によって汚染程度の高い種子の混入を排し、さらにオキシリニック酸によって種子処理を行うものである。本防除体系は、イネ苗腐敗症とイネもみ枯細菌病に対する効果的な防除方法であるばかりでなく、イネ体に生存する *P. glumae* の菌数を著しく減少させることが明らかとなった。本防除体系は、*P. glumae* の伝染環に大きな影響を与えており、イネもみ枯細菌病とイネ苗腐敗症の発生生態に対応した総合防除法を確立する上で基本になると考えられる。

摘 要

オキシリニック酸 (5-ethyl-5,8-dihydro-8-oxo[1,3]dioxolo[4,5-g]quinoline-7-carboxylic acid, スターナ®) による出穂期における処理と種子処理、および種子の塩水選を組み合わせた体系による防除を2カ年にわたり行った。本防除体系は、イネもみ枯細菌病とイネ苗腐敗症に対して高い防除効果を示した。また、小穂、もみおよび種子に生存する *Pseudomonas glumae* の菌数が著しく減少した。よ

って、本防除体系は *P. glumae* の伝染環に大きな影響を与えており、イネもみ枯細菌病とイネ苗腐敗症に対する総合防除法を確立する上で基本になると考えられる。

本論文のご校閲を賜った京都大学古澤 巖博士と奥野哲郎博士および(財)岩手生物工学研究センター鈴木一実博士に厚くお礼申し上げる。また、本研究を実施するに当たり、ご協力いただいた石井恵子嬢と井上さえ嬢に厚くお礼申し上げます。

引用文献

1. 藤井 博・植松 勉 (1976). イネ育苗箱に発生するもみ枯細菌病による苗腐敗症. 植物防疫 37: 395-399.
2. 後藤正夫 (1990). 植物細菌病学概論, 養賢堂, 東京, pp. 153-223.
3. 後藤孝雄・渡辺文吉郎 (1975). イネもみ枯細菌病の種子伝染について. 日植病報 41: 279 (講要).
4. 後藤孝雄 (1981). イネもみ枯細菌病による幼苗腐敗症の耕種的防除 (1). 日植病報 47: 397-398 (講要).
5. Hikichi, Y., Noda, C. and Shimizu, K. (1989). Oxolinic acid. Jpn. Pestic. Inf. 55: 21-23.
6. Hikichi, Y. (1993). Antibacterial activity of oxolinic acid on *Pseudomonas glumae*. Ann. Phytopathol. Soc. Jpn. 59: 369-374.
7. 曳地康史 (1993). オキシリニック酸のイネ苗腐敗症に対する作用機作 1. イネ幼苗に生存する *Pseudomonas glumae* 細菌数の推移とイネ苗腐敗症発病との関係. 日植病報 59: 441-446.
8. 曳地康史 (1993). オキシリニック酸のイネ苗腐敗症に対する作用機作 2. 2次感染防除効果. 日植病報 59: 447-451.
9. Hikichi, Y. (1993). Mode of action of oxolinic acid on bacterial grain rot of rice (Part 1). Relationship between population dynamics of *Pseudomonas glumae* on rice plants and disease severity of bacterial grain rot of rice. J. Pesticide Sci. 18: 319-324.
10. Hikichi, Y., Okuno, T. and Furusawa, I. (1994). Mode of action of oxolinic acid on bacterial grain rot of rice (Part 2). Susceptibility of rice spikelets to infection with *Pseudomonas glumae* and its population dynamics. J. Pesticide Sci. 19: 11-17.
11. 星川清親 (1984). イネの生長, 農文協, 東京, pp. 18-31, 217-220.
12. 飯田 格 (1978). 植物病理学 (飯田 格ほか著), 朝倉書店, 東京, pp. 154-164.
13. 久能 均 (1991). 最新植物病理学概論 (浅田泰次ほか著), 養賢堂, 東京, pp. 225-244.
14. 栗田年代・田部井英夫 (1967). イネもみ枯細菌病の病原細菌について. 日植病報 23: 155 (講要).
15. 牧野秋雄 (1979). イネもみ枯細菌病菌による苗腐敗症の発生生態. 関東東山病虫研報 26: 8.
16. 松田 泉・佐藤善司 (1985). 移植後から登熟期までのイネもみ枯細菌病病原細菌の生態. 日植病報 53: 122 (講要).
17. 茂木静夫 (1984). イネもみ枯細菌病の発生生態と防除. 農業および園芸 59: 679-682, 782-788, 899-903.
18. 茂木静夫 (1985). イネもみ枯細菌病全国発生概況—アンケート調査による—. 農業技術 40: 198-202.
19. 大畑貫一 (1989). イネの病害, 全国農村教育協会, 東京, pp. 108-139.

20. 乙藤まり・角重和浩・吉田桂輔 (1988). イネもみ枯細菌病菌のイネ体における生存部位. 九州病虫研報 34: 1-4.
21. 對馬誠也・茂木静夫・齊藤初雄 (1986). イネもみ枯細菌病菌検出のための選択培地. 日植病報 52: 253-259.
22. 對馬誠也・津野和宣・茂木静夫・脇本 哲・齊藤初雄 (1987). イネもみ枯細菌病菌のみでの増殖. 日植病報 53: 663-667.
23. 對馬誠也・茂木静夫・内藤秀樹・齊藤初雄 (1989). イネもみ枯細菌病菌の種籾での生存期間と種籾洗淨液利用による汚染籾簡易検定法. 九州農試報告 25: 261-270.
24. 植松 勉・吉村大三郎・西山幸司・茨木忠雄・藤井 溥 (1976). イネもみ枯細菌病による育苗箱の苗腐敗症の発生. 日植病報 42: 310-312.
25. 植松 勉・吉村大三郎・西山幸司・茨木忠雄・藤井 溥 (1976). 育苗箱のイネ幼苗に腐敗症をおこす病原細菌について. 日植病報 42: 464-471.