

벼 흰빛잎마름병에 있어서 病原菌의 接種 濃도가 病的 發展速度에 미치는 영향**

趙 鏞 涉*

〈接受日字 : 1975. 2. 20〉

Studies on the Relationship between Inoculum Concentration
and Disease Development in Bacterial Leaf Blight of Rice

Yong Sup Cho*

Abstract

The study has been carried out for the development of an inoculation method in screening resistant varieties and/ or lines to bacterial leaf blight of rice with special consideration on plant ages and inoculum concentrations.

A higher incidence of the disease was found on younger plants than on the older ones when the plants were inoculated with the same concentration of inoculum by clipping method under the same circumstances.

Applications of extremely high concentration of inoculum resulted the death of younger seedlings from all varieties within short period after inoculation, and the inoculum that was lower than optimum concentration failed in distinguishing varietal characteristics in regard of resistance.

The proper inoculum size for the screening of resistance among the varieties and/or lines depended on the age of plants. The optimum concentration of inoculum for the plant age of 14, 37, 48 and 58 days was 10^6 , 10^7 , 10^7 - 10^9 and 10^9 cells/ml., respectively.

緒 論

벼 흰빛잎마름병은 環境條件에 依해 發病狀況이 크게 달라짐으로¹⁾ 發生이 많은 해에는 品種間 또는 系統間의 抵抗力 差異를 認定 할 수 있겠으나 環境이 不適當한 래의 圃場에서는 비록 罹病性 系統이라 하더라도 그 發病的 程度가 抵抗力 系統과 判別이 困難 할때가 있게 된다. 이러한 環境下에서의 抵抗力 系統 選拔作業은 溫室 또는 特殊 環境調節 장치下에서 人工 接種法에 依해서만 可能하다 하겠는데 아직도 이 人工 接種法의 開發에는 未備된 點을 찾아 볼 수 있어 本 研究을 통해 補完코져한다.

本病에 對한 抵抗力 系統 選拔을 위해 지금까지 考案된 接種 方法으로써는 單針接種^{6,7)} 三~五本針接種^{6,9)} 束針接種¹⁴⁾ 등과 같은 針接種法을 위시하여 撒布 接種法¹⁾ 幼苗浸漬法^{11,15)} 根斷接種法^{10,11,12)} 및 가위 接種法^{2,3,8)} 등이 있는데 오늘날 韓國은 勿論 國際米作 研究所와 東南亞 各國에서 使用되고 있는 것은 大部分 이 가위 接種法이라 하겠다.

東南亞와 같은 熱帶 또는 亞熱帶 地方에서는 가위 接種의 適期를 대체로 接種後 50 日에서 80 日間 이라고 보고 하고 있으며²⁾ 日本의 경우는 出穂 直前의 止葉上에 針으로 接種하는 것이 가장 좋았다고 報告하고 있다^{6,9,14)} 韓國의 栽培環境下에서 播種後 50 日은 植物의 生育時期面에서 너무 어린 感이 있었고 그보다도

* 서울대학교 農科大學.

* College of Agriculture, S.N.U., Suweon, Korea

** 文敎部學術研究助成費支援에 의한 研究임.

大氣의 溫度가 發病 適溫 以下로 떨어져 一般의인 가위 接種 및 針接種法으로써는 所期의 目的을 達成 할 수 없었고 다만 接種細菌濃度를 높혔을때에 可能했다고 한다²⁾. 따라서 韓國인 경우는 과중日字 또는 生育時期 보다는 環境溫度가 가장 높은 8月初~中旬頃이 그 適期라고 하였다²⁾.

病原菌의 接種量과 發病과의 關係에 對한 研究에서 Aoyagi 等¹⁾은 早生種인 경우 같은 接種量에 依해서도 發病 速度가 晚生種에 比해 월등히 빨랐다고 했으며 한편 品種의 抵抗性 程度에 따라서도 크게 差異가 있었다고 했는데 罹病性인 경우 發病에 必要한 病原菌의 接種濃度는 抵抗性인 경우에 比해 1/10~1/1000 이었고 發病速度는 2 배나 빨랐다고 한다. IRR1³⁾에서 장려하고 있는 接種細菌의 濃度는 10^9 cells/ml 인데 이는 高溫下에서의 成植物에 限하여 言及하고 있을 뿐 環境이나 植物의 老幼에 關해서는 고려되지 않고 있다. 한편 環境條件 및 植物 生育條件과 本病의 病徵發現과의 關係를 보면^{4,5)} 本病의 發展이 大氣의 溫度에 따라 影響을 받을 뿐만 아니라 寄主의 生育條件 即, 時期 및 營養상태 等과도 밀접한 關係가 있다고 報告하고 있다.

幼苗期에 있어서 抵抗性 系統選拔을 위한 接種細菌濃度는 成植物인 경우와는 달리 $10^6 \sim 10^7$ cells/ml 이었고 만약 10^9 cells/ml 를 適用했을 때는 品種의 抵抗性에 關係없이 모든 系統이 枯死했는가 하면 10^5 cells/ml 를 適用했을 때는 病斑의 進展이 抵抗성과 罹病性間에서 差異를 볼 수 없었고 그 以下の 細菌濃度에서는 品種의 抵抗性에 關係없이 全然 病徵을 認定 할 수가 없었다고 한다²⁾. 이와 비슷한 研究로서 Yamanaka¹³⁾ 등은 植物의 老幼가 本病의 病徵 發現에 크게 差異를 나타낸은 勿論 葉上의 接種 部位에 따라서도 病徵의 發展速度가 다르다는 것을 報告하였다.

本研究에서는 지금까지 發表된 研究報告書의 結果를 基礎로 하여 抵抗性 系統 選拔에 있어 接種에 알맞는 벼의 生育時期 및 그 時期에 있어서의 適正接種 細菌濃度를 밝힘으로써 앞으로의 本病에 對한 耐病性系統育成事業에 必要한 基礎資料를 提供하고자 한다.

本研究 遂行을 爲하여 研究費를 補助하여준 文敎部 當局과 研究 進行에 있어 여러가지 面에서 便利를 提供하여 주신 農業技術研究所 鄭鳳朝 博士에게 감사를 드린다.

材料 및 方法

供試品種 : 서울大學校 農科大學 實驗區場에서 三年間에 걸쳐 抵抗性 檢定을 通하여 抵抗性의 程度가 判明된 다음 7個 品種을 育種學教室에서 分讓받아 供試

하였다.

罹病性系統 : 水原213-1, 振興, 金馬提, T(N),

中度罹病性 : 農白.

抵抗性系統 : TKM-6, Wase Aikoku

以上 7個 品種을 6月 10日을 出發點으로 하여 2日 間 室溫에서 發芽시킨 種子를 10日 간격으로 3번 논흙을 담은 50cm×75cm×10cm 의 플라스틱 상자에 각 品種마다 130粒씩 과중하고 溫室條件 下에서 16日 間 生育시킨후 各本 本畝으로 移植하였다. 苗의 移植는 每回마다 健全苗를 골라 1本植으로 하여 1個區에 各品種 20本씩 모두 140本으로 하여 5個區를 設定하였다.

接種源의 準備 : 1972年度에 全國에서 採集 分離한 菌株中에서 病原性이 認定된 72-23계통을 "Wakimoto" 培地上에서 三日間 培養增殖한후 細菌의 濃度가 大略 2×10^9 cells/ml 가 되게 原液을 만들고 이는 다시 細菌濃度 희석법에 準하여 10^9 , 10^7 , 및 10^5 cells/ml 가 되게 하여 4 단계의 細菌濃度를 使用하는 한편 比較區로서는 殺菌된 수도물을 使用하였다.

病原菌의 接種 : 最後에 과중한 벼가 移植後 完全발착이 끝나고 氣溫이 本病發展에 알맞는 때를 기다려 8月 8日 即, 벼의 苗齡이 各 37日, 48日 및 58日째 되는 날에 재봉용 小型가위를 使用하여 各區마다 10株씩 接種하고 나머지 10株는 自然 發病 狀況을 比較하기 위하여 接種하지 않은 狀態로 두었다. 接種할 때의 順序는 比較區에서 始作하여 10^5 , 10^7 , 10^9 및 2×10^9 cells/ml 區로 進行함으로써 濃度의 變位差를 줄이는데 注力하였다.

發病調査는 接種後 1, 2 및 3週에 各 한번씩 病斑의 伸長度를 cm로 측정하여 다시 發病指數로 고쳐 記錄하고 病原菌의 各 濃度에 따른 品種間 및 벼의 生育時期別 發病 差異를 比較하였다. 發病指數의 決定은 病斑의 길이에 따라 다음과 같이 하였다.

0 = 건전주, 1 = 1cm 미만, 2 = 1~2.9cm,

3 = 3~4.9cm, 4 = 5~6.9cm, 5 = 7~10cm,

6 = 10cm 이상, (-) = 枯死.

結 果

播種後 37日째 되는 벼에 對한 接種細菌 濃度間의 發病量 差異를 보면 細菌濃度가 2×10^9 cells/ml 일때는 모든 品種들이 甚한 病徵을 나타냄으로써 抵抗성과 罹病性間의 選別을 할 수가 없었다. 細菌濃度가 10^9 cells/ml 일때는 2×10^9 cells/ml 일때에 比해 程度의 差異가 多少 있었지만 역시 抵抗性 系統에서도 甚한 病徵을 유발시켜 適正接種濃度로서의 타당성을 잃고 있었으며 10^7 cells/ml 를 적용 했을때 비로서 品種間의 特性을 選

別 할 수가 있었다. 한편 細菌濃도를 10^5 cell/ml로 희석했을 때는 高濃度일때와는 反對로 罹病性 系統에서의 發病量이 그 特性을 나타낼 수 있는 수준에까지 이르지 못하고 抵抗性과 비슷한 경향을 나타냄으로써 역시 接種을 위한 適正濃度라고는 할 수 없었다.

Table 1. Effect of inoculum concentrations on the disease development of bacterial leaf blight of rice when 37 day-old plants were inoculated with various levels of inoculum size by clipping method. The result recorded 2 weeks after inoculation.

Varieties	Plant reactions ^a to the inoculum size ^b of:				
	2×10^9	10^9	10^7	10^5	Check
Suweon 213-1	6	6	5	3	0
JinHeung	6	5	5	2	0
NongBaik	5	5	3	2	0
Kimmaze	6	5	5	2	0
T(N)1	6	6	6	3	0
TKM-6	5	3	2	1	0
WaseAikoku	4	3	1	0	0

a) : 0=no disease, 1-2=resistant reaction, 3-4=intermediate, 5-6=susceptible reaction.

b) : Cells/ml. of bacterial suspensions.

Table 2. Effect of inoculum concentrations on the disease development of bacterial leaf blight of rice when 48 day-old plants were inoculated with various levels of inoculum size by clipping method. The results recorded 2 weeks after inoculation.

Varieties	Plant reactions ^a to the inoculum size ^b of:				
	2×10^9	10^9	10^7	10^5	Check
Suweon 213-1	5	5	5	1	0
JinHeung	5	5	4	0	0
NongBaik	5	4	2	0	0
Kimmaze	5	5	4	0	0
T(N)1	6	6	5	2	0
TKM-6	4	2	1	0	0
WaseAikoku	3	2	1	0	0

a) : 0; no disease, 1-2; resistant reaction, 3-4; intermediate, 5-6; susceptible reaction.

b) : Cells/ml. of bacterial suspensions.

벼의 苗齡이 11日間 많은 播種後 48日째 되는 벼에 對해서는 두種의 細菌濃度 10^9 cells/ml 일때와 10^7 cells/ml 일때에 品種間的 特性을 選別 할 수 있었으나 10^7 cells/ml 일때가 10^9 cells/ml 일때에 比해 品種間的 差異를 많이 나타냄으로써 抵抗性을 選別하는데 보다 좋은 기준이 될 수 있었다. 細菌濃도가 2×10^9 cells/ml 일때는 37日째의 벼의 경우와 마찬가지로 모든 品種에서 病斑의 擴大가 지나쳤으며 10^5 cells/ml 인 경우는 37日째의 벼 일때에 比해 거의 發病되지 않았다. (Table 2)

벼의 苗齡이 가장 많은 파종후 58日째의 벼를 對象으로 했을때에도 細菌濃度 2×10^9 Cells/ml의 適用은 病斑이 모든 品種에서의 지나친 擴大로 인해 抵抗性系統選別에 無理가 있었으며 10^7 Cells/ml 인 경우는 反對로 濃도가 너무 낮은 경향을 보였고 10^5 Cells/ml가 最適濃度임을 알 수 있었다. 한편 細菌濃度 10^5 Cells/ml 에서는 發病을 全然 認定 할 수가 없었다. (Table 3.)

Table 3. Effect of inoculum concentrations on the disease development of bacterial leaf blight of rice when 58 day-old plants were inoculated with various levels of inoculum size by clipping method. The results recorded 2 weeks after inoculation.

Varieties	Plant reactions ^a to the inoculum size ^b of:				
	2×10^9	10^9	10^7	10^5	Check
Suweon 213-1	5	5	4	1	0
JinHeung	5	5	3	0	0
NongBaik	4	3	2	0	0
Kimmaze	5	5	3	0	0
T(N)1	6	6	4	1	0
TKM-6	4	2	1	0	0
WaseAikoku	3	1	0	0	0

a) : 0; no disease, 1-2; resistant reaction, 3-4; intermediate, 5-6; susceptible reaction.

b) : Cells/ml. of bacterial suspension.

本實驗에 앞서 溫室內에서 播種後 2週째 되는 벼를 對象으로 豫備實驗을 해본 結果 모든 品種이 細菌濃度 2×10^9 cells/ml 에 對해서는 勿論 10^9 cells/ml 및 10^7 cells/ml 에 對해서도 예민하게 反應하여 品種의 特性選別이 不可能했으며 10^5 cells/ml의 細菌濃度일때 비로서 品種間的 特性을 選別할 수가 있었다. 한편 10^5 cell/ml의 細菌濃도에 對해서도 罹病性 系統에서는 비록 계속발전하지는 않았으나 初期의 發病을 관찰할 수가 있었다.

Table 4. Plant reactions to various inoculum concentrations of *Xanthomonas oryzae* when plants were inoculated at the age of 2 weeks by clipping method. The results recorded 2 weeks after inoculation.

Varieties	Plant reactions ^a to the inoculum size ^b of:									
	2×10 ⁹	10 ⁹	10 ⁸	10 ⁷	10 ⁶	10 ⁵	10 ⁴	10 ³	10 ²	check
Suweon 213-1	—	—	6	5	4	3	1	0	0	0
JinHeung	—	—	6	5	4	4	3	0	0	0
NongBaik	—	—	6	4	3	3	2	0	0	0
Kimmaze	—	—	6	5	5	3	3	0	0	0
T(N)1	—	—	6	5	5	4	2	2	0	0
TKM-6	—	6	4	3	2	1	0	0	0	0
WaseAikoku	—	6	5	3	2	2	0	0	0	0

a) : 0; no disease, 1-2; resistant reaction, 3-4; intermediate, 5-6; susceptible reaction, -; plants killed by infection.

b) : Cells/ml. of bacterial suspension.

한편 本病의 單位期間當 發展速度에 있어서 播種後 2週日째의 벼에서는 病菌 接種後 1週日에 高濃度의 接種源일 경우 이미 枯死現象을 볼 수 있었고 벼의 苗齡이 많아짐에 따라 發展速度는 지연되는 경향이였다. 그리고 細菌의 接種濃度와 病發展速度와의 關係에서도 濃도가 높을수록 發病期間이 짧아지는 경향을 알 수 있었다.

考 察

벼 흰빛 잎마름병(白葉枯病)은 우리나라에 있어 벼의 生育期間中에 發生하는 唯一한 細菌性病으로써 다른 病害와는 달리 農藥에 依한 防除가 容易하지 않음으로 抵抗力 品種의 育成에 依한 防除가 時急히 要求되는 主要病의 하나라 하겠다. 本病에 對한 抵抗力 品種, 選拔을 위해 앞선 많은 研究者들은 各種方法을 소개하고 있으며 本病에 對한 植物의 抵抗力이 植物의 老幼와 關係가 있다는 것과 接種에 必要한 細菌의 濃도가 植物의 品種間 特性에 따라 달랐다는 研究報告는 있으나 苗齡과 接種源量과의 相互關係를 고려한 適正 接種濃度에 關해 論及한 報告는 아직 없었다. 그리고 어떤 品種이나 本病에 對해 絕對的인 抵抗力을 보여주는 것은 없고 다만 그 程度의 差異에 依해 抵抗力을 選拔하게 되는데 이 程度의 差異라는 것이 人工接種法에 依했을 때는 그 方法 如何에 따라 다르게 나타날 수 있다는 것을 本實驗에서 밝혀 주고 있다.

國際米作研究所에서 抵抗力 選拔을 위한 病菌의 接種時期를 播種後 50~80日이라고 主張하고 있는 것은 植物의 老幼가 病發展에 미치는 影響을 無視하고 있음을 뜻하며 한편 日本에서 主로 使用해온 方法은 벼의 止葉期에 이르러 單針 또는 多針 接種法으로서 止葉期 以前의 接種에 關해서는 幼苗의 浸漬法 및 根切斷 接種法 等の 可能性을 實驗 했을뿐 一般의으로 벼의 感受性, 時期는 止葉期이며 接種 部位는 止葉 그 自體라고 말하고 있다. 本實驗 結果로 미루어 보아 日本의 경우 止葉期가 感受性 時期라는 것은 다만 그때가 氣候 條件으로 보아 氣溫이 높고 태풍이 잦은 時期로서 벼에 傷處를 만들어 평균의 浸入을 容易하게 하는 한편 전염원을 옮겨다 줄 수 있다는 理由일뿐 벼 自體의 감수성시기라고는 認定 할 수가 없었다.

植物의 苗齡을 14日, 37日, 48日 및 58日로 하여 相互 比較해 보았을때 苗齡의 差異가 클수록 發病量의 差異도 커진다는 것을 알 수 있었으며 비록 10日間의 苗齡差異에 依해서도 本病에 對한 植物의 感受性이 조금은 달라질 수 있다는 것을 알 수 있었다. 結論的으로 一定한 環境下에서 本病은 어린벼에서 더욱 빨리 發展되고 벼가 자람에 따라 發病의 速度가 지연 된다고 보겠다.

圃場에서 벼의 生育時期에 따라 調節된 接種量을 適用한 實驗의 結果는 이번이 처음으로써 1966年에 Kusaba⁶⁾ 등이 同一濃度의 接種源을 成植物에 對해서는 5本針으로 接種하고 3葉期의 벼에는 3本針으로 接種했다는 報告가 있기는 하나 이는 3葉期의 벼에 5本針을 適用함으로써 發生할수 있는 物理的인 파손을 防止하는데 그 目的이 있었을뿐 接種源의 量과 植物의 老幼와의 關係으로써는 無意味하다고 보겠다.

細菌의 接種濃度 差異에서 오는 發病量의 變化는 苗齡의 差異에 依한 變化보다 더욱 예민하게 作用되어 2×10⁹cells/ml 인 경우는 어떠한 苗齡에 對해서도 適用될수 없을만큼 過濃度라 할수 있으나 10⁹ cells/ml 를 上限으로 하여 10⁶cells/ml 까지의 細菌濃度는 苗齡의 老幼에 따라 品種間 抵抗力 選拔을 위해 接種 適正濃度라고 볼 수 있겠다.

이러한 現象의 發見은 지금까지 圃場에서 苗齡과 接種濃度의 關係를 無視한 상태로 시행하여 오던 人工의 인 抵抗力選拔方法이 再考되어야 한다는 點을 지적하고 있으며 특히 短時日內에 이루어질수 있는 室內 幼苗檢定法의 開發을 爲해서는 重要한 意義가 있다고 보겠다.

摘 要

本實驗은 벼 흰빛잎마름 병에 대한 벼의 抵抗力系統選拔에 必要한 人工接種法 開發을 爲해 試圖한 것으로서 病原菌의 接種濃度와 植物體의 老幼가 本病의 發展에 미치는 影響에 關해 重點을 두었다.

一定한 環境條件下에서 本病에 대한 植物의 感受性은 植物의 苗齡이 어릴때 일수록 예민하게 나타났으며 植物의 生長과 더불어 점차 둔감해지는 경향이였다.

播種後 14, 37, 48 및 58日째 되는 植物에서 本病에 對한 抵抗力과 罹病性 系統을 選擇할수 있는 病原菌의 適正濃度는 各各 10^6 , 10^7 , $10^7 \sim 10^8$ 및 10^9 cells/ml 였다.

어린 植物에 對해 지나치게 높은 濃度의 接種液은 植物의 品種에 關係없이 單時日에 枯死시키는 結果를 초래하였고 苗齡이 많은 植物에 對해 一定수준 以下의 細菌接種濃度를 適用했을 때는 植物의 品種間 特性을 區別할수 없었다.

引 用 文 獻

1. Aoyagi, K., M. Osaki and S. Kinemuchi. 1963. Resistance of rice plant to bacterial leaf blight disease and its problems (in Japanese). *Nogyo Gijutsu* 18(2) : 78—80, 18(3) : 131—132.
2. Chung, H.S., S.Y. Choi, Y.S. Cho and H.B. Im, 1972—1973. The improvement of IR667 of rice resistant to insects, diseases and cold damage, Korean MOST Res. Rept. R-72-36, R-73-43.
3. IRRI, 1966. Inoculation technique for bacterial leaf blight of rice. IRRI Annual report 92-94, 1966.
4. Kim, C.H. and Y.S. Cho, 1970. Effects of N,P,K, fertilizer levels and growth condition on the development of bacterial leaf blight in rice plants. *Kor. Jour. Plant Protection* 9(1) : 7-13.
5. Kusaba, T. 1960. Strains of bacterial leaf blight of rice. *Plant protection (Japan)* 14(8) : 331-333.
6. Kusaba, T., M. Watanabe and H. Tabei. 1966. Classification of the strains of *Xanthomonas oryzae* (U.& I.) Dowson on the basis of their virulence against rice plants. B. National Inst. Agr. Sci. (Japan) Ser. C. 20 : 67—82.
7. Muco, H. and K. Yoshida. 1951. A needle inoc-

- ulation method for bacterial leaf blight disease of rice. (In Japanese) *Ann. Phytopath. Soc. Japan* 15(3-4) : 179(Abst.)
8. Suzuki, Y. and T. Yamamoto. 1970. A trial of estimating the varietal resistance to bacterial leaf blight of rice with re-growing leaves after cutting leaves and stems. (In Japanese) *Proc. Assoc. Plant. protection. Hokuriku* 18 : 43—46.
9. Washio Y., K. Kariya, T. Nomura and T. Ishida. 1958. Applicability of multineedle prick inoculation method for the estimation of varietal resistance against bacterial leaf blight. (In Japanese) *Chugoku Agr. Res.* 2 : 27—30.
10. Yamamoto, T. and S. Yoshimura. 1970. Relation between elapsed time from cutting of rice root to dip inoculation with leaf blight bacteria and the occurrence of wilting. (In Japanese) *Proc. Assoc. Plant Protect. Hokuriku* 18 : 8—10.
11. Yamamoto, T. and S. Yoshimura. 1966. Abnormal growth of rice plant caused by bacterial leaf blight disease. 4. relation between soaking inoculation in basal part of root-cut young plant and the occurrence of the disease. (Japanese) *Proc. Assoc. Plant Protect. Hokuriku* 14 : 32—33.
12. Yamamoto, T. and S. Yoshimura. 1968. Abnormal growth of rice plant caused by bacterial leaf blight disease. 5. Infection of bacteria from cut of root (In Japanese) *Proc. Assoc. Plant Protect. Hokuriku* 16 : 40—41.
13. Yamanaka, T., M. Watanabe, and T. Tominaga. 1952. Studies on the bacterial leaf blight resistance of rice 1. On the difference of susceptibility in relation to the age and the part of rice leaves. *Ann. Phytopath. Soc. Japan* 16(3-4) : 191.
14. Yoshida, K. and H. Muko. 1961. Examination method of bacterial leaf blight resistance by needle-bundle inoculation. (In Japanese) *Plant Protect. Japan* 15(8) : 343—346.
15. Yoshimura, S., and K. Iwata. 1965. Studies on examination method of varietal resistance to bacterial leaf blight disease of rice plant. 1. Immersion method of inoculation and its applied method. (In Japanese) *Proc. Assoc. Plant Protect. Hokuriku* 13 : 25—31.