

水稻白叶枯病

方中达 編著

江苏人民出版社

目 录

水稻白叶枯病的发生情况	1
症状和诊断	4
病原细菌	8
病原细菌的鉴定	8
分离和培养	25
致病性的变异	35
白叶枯病细菌的噬菌体	36
水稻上的其他植物病原细菌	38
侵入途径和接种方法	41
侵染来源	48
初次侵染	48
再次侵染	60
病原细菌的传播	63
发病环境	65
气候条件与发病的关系	65
水稻发育时期与发病的关系	67
肥料和土壤的性质与发病的关系	69
排水和灌溉与发病的关系	70
防治方法	72
采用无病稻种	72
选用抗病品种	75
稻种消毒	77
喷药防治	82
改进耕作栽培技术	83
参考文献目录	85

水稻白叶枯病的发生情况

水稻白叶枯病在1908年以前已經在日本发现，石山偕一在1923年鉴定了它的病原細菌(48,49)。白叶枯病在我国并不是新的病害，二、三十年以前已經在江苏和浙江一带发生，但是沒有受到重視(42)。水稻白叶枯病在我国各地有許多名称，安徽称它为“地火”、“游火”，江西称它为“黄毛瘡”、“地火”，湖北称它为“发瘡”，浙江有的地方称它为“茅草瘟”，两广則有“墨苗”、“燎禾”等名称，說明白叶枯病由来已久，群众对它都有一定的認識。当然，这些名称所指的往往不仅是白叶枯病，有时还包括由于其他原因而发生的稻株枯黄和生长不正常的現象。

水稻白叶枯病在世界各國的分布并不广，除去我国和日本外，只在菲律宾(55)和南美洲的尼加拉瓜(53)发现有此病。

白叶枯病是我国华东、华中和华南稻区的重要病害，在江苏、浙江、安徽、福建、广东、广西、江西、湖南、湖北和河南等地，都引起不同程度的为害。1957年在山东发现了白叶枯病，1958年在陕西的汉中地区亦严重发生，这是目前已知白叶枯病在我国分布最北的地区。在我国西南各省过去是认为沒有

注：文中注脚系本书参考文献目录序号。

白叶枯病的，但于1958年在四川和贵州也先后发现白叶枯病危害。通过几年来的大力防治，白叶枯病在我国原有的重病区，病势正在逐年减轻，有的地区已经基本消灭，但是也出现了一些新病区。根据各地调查和研究，病区的扩大与带菌稻种的调运有关，所以我国将白叶枯病列为国内检疫对象。限制病种的调运，是防治白叶枯病的有效措施之一。

籼稻、粳稻、糯稻都能发生白叶枯病。籼稻发病一般较粳稻和糯稻重，所以在籼稻改种粳稻的地区，白叶枯病都有减轻的趋势。但是不同粳稻品种的反应不同，粳稻发病很重的情况也常见，所以籼改粳还不能完全解决白叶枯病问题。水稻品种成熟的迟早也与发病有关系，一般以早稻和中稻发生较重。例如白叶枯病在华南地区以早稻发生最重，江西以连作早稻和中稻发生最重，江苏和安徽以早中稻、中稻和早晚稻的发生较重。以上差异除了由于生育期不同的水稻品种本身的抗病性有所不同以外，在这方面影响更大的还是气候条件(15, 29)。水稻孕穗和抽穗以后，是白叶枯病盛发的时期，如这一时期的气温和湿度高，就有利于白叶枯病的发生。就以江苏而言，一般年份是以6月中下旬和7月间的降雨较多，所以早中稻和中稻的发病较重。但是在水稻生长前期少雨而在8—9月间降雨多和气温高的年份，晚稻的发病反而比中稻普遍和严重。1958年和1959年两年江苏白叶枯病发生的情况就是如此。

白叶枯病发生后对水稻影响的大小与发生的轻重和迟早有关。一般减产10%左右，轻的也有1—5%，但是发病重的减产达50—60%，甚至90%以上。水稻在抽穗前发病的，特别是顶叶枯死，对产量的影响很大，往往造成瘪粒，青米粒也增加，

产量和千粒重都降低。水稻灌浆后发病,损失就较小。发病重的稻株,茎叶都比较软弱,容易倒伏,病穗容易碎裂。白叶枯病发生严重的稻株,将来种子的发芽率也降低。

症 状 和 診 断

白叶枯病的典型症状是先在叶尖或叶緣发生黄綠色或暗綠色斑点,然后沿叶緣或中脉扩展,形成非水漬状的长条紋状病斑。条紋呈黄綠色、黄色或灰白色,但病斑組織枯死后都呈灰白色,所以称为白叶枯病。叶片受害部分和健全部分的界限很明显,邊緣有时呈波紋状。空气湿度很高时,特别是在雨后、傍晚及清晨露水未干时,病叶的叶面上有蜜黄色的珠状細菌流胶。白叶枯病在田間发屢的一般規律是植株下部的叶片先发病,然后向上扩展,严重时頂叶亦枯死。

白叶枯病症状的表现随着水稻的品种、发育时期和环境条件而不同。在秈稻上白叶枯病的病斑多半带黄色和黄綠色,在粳稻上则多半呈灰綠色和灰白色。在較感病的品种上,病斑的发展很快,形成长条紋状病斑,但是在較抗病的品种上,病害的发展較緩慢,有时只形成很短的断續条斑。

白叶枯病症状的表现与水稻的发育时期有关。从分蘖末期开始,水稻就容易发生白叶枯病,到孕穗和抽穗以后发生最盛,所以白叶枯病的症状在水稻生长的后期很显著。水稻白叶枯病在苗期的症状沒有后期明显,但是根据田間的观察和人工接种的試驗,水稻苗期也发生白叶枯病。苗期的症状发

現有以下三種類型：(1) 葉尖或葉緣發生暗綠色或褐色短條斑，然後沿葉緣發展而形成非水漬狀的條紋狀病斑；(2) 葉片上發生較短的水漬狀條斑，以後發展成為非水漬狀長條紋狀病斑；(3) 葉片與葉鞘連接處發生暗褐色條紋狀病斑，然後向上和向下發展。在自然條件下，苗期症狀的變化是由於品種或環境條件的原因，還是侵入途徑不同的原因，還有待進一步研究。除去苗期以外，水稻生長的前期也能發病，表現的症狀與後期並沒有顯著的差異，所不同的就是生長早期的葉片組織較嫩，葉片發病後容易發生萎萎。

白葉枯病症狀的表現也受氣候及栽培條件的影響。由於稻葉的水孔是白葉枯病細菌的主要侵入途徑，所以一般都是從葉片的尖端和葉片的邊緣開始發病。到水稻生長的後期，特別是在暴風雨之後，葉面的損傷較多，從傷口侵入的機會增加，所以也就不限於葉尖和葉緣發生病斑，可以在葉面的各個部位發生形成條紋狀病斑或斷續的條斑。此外，在重肥田，施用氮肥過度而稻葉生長嫩弱的水稻，感染白葉枯病以後往往在葉片上形成青灰色條紋狀病斑，葉片隨即發生萎萎。

在廣東珠江三角洲的水稻上發現一種細菌性條斑病，曾經被認為可能是由於當地品種或氣候及栽培條件的不同，使得水稻白葉枯病在以上地區表現條斑型的症狀(38, 39)。經過進一步的研究，証明珠江三角洲的細菌性條斑病和白葉枯病是兩種不同的病害，它們非但症狀不同，引起這兩種病害的病原細菌也完全不同(26, 30)。水稻細菌性條斑病的特徵是在稻葉上形成水漬狀的條斑，病斑上有大量的細菌流膠，而且在葉面的任何部位都可以發生病斑，並不限於葉尖和葉緣。葉片上

的条斑很多时,也能引起叶枯。水稻白叶枯病与细菌性条斑病症状的主要区别如表1。水稻细菌性条斑病是一种毁灭性的

表1 水稻白叶枯病与细菌性条斑病症状的比较

特 征	水 稻 白 叶 枯 病	水 稻 细 菌 性 条 斑 病
病 斑 形 状	黄绿色或灰白色长条状病斑,病组织一般不透明,不呈水渍状。	较短的条状病斑,病组织透明,是水渍状。
发 生 部 位	多半从叶尖或叶缘开始发生,沿叶缘和主脉扩展。	病斑从叶面的任何部位发生,不限于叶尖或叶缘。
细 菌 流 胶	叶面上只在湿度很高时才发现细菌流胶,产生的量不多,蜜黄色。	叶片的细菌流胶在干燥的条件下也产生,产生的量很多,颜色较深而呈蜡黄色。
叶片枯死程度	叶片发病后随即引起叶枯或萎蔫。	叶片上条斑发生很多时再发生叶枯。

病害,除去华南以外,其他地区尚未发现,所以进一步了解它的分布是非常重要的。水稻细菌性条斑病和白叶枯病,虽然也可以从它们病原细菌的性状作出鉴别,但是更重要的还是根据它们在田间的症状来鉴别。

水稻白叶枯病的症状有时还容易和水稻生理性的或真菌的侵染而引起的枯黄现象混淆。群众所指的“地火”及“游火”等,也并不只限于白叶枯病,往往还包括部分其他病害。历年大田调查的经验,根据白叶枯病在症状上所表现的以下三个特征:(1)叶片受害部分和健全部分的界限很明显;(2)病斑的边缘呈波状;(3)叶面可以产生细菌流胶,虽然一般可以用来区别白叶枯病和其他病害,但是并不绝对可靠。特别是水稻的许多生理性枯黄现象,有时和白叶枯病的症状非常相似,所以在有疑问的时候,最可靠的方法是经过显微镜的

检查。显微鏡診斷的方法是：切取小块表現病狀的稻叶，放在
玻片上的水滴中，加蓋玻片后在显微鏡中檢視。由于水稻
的白叶枯病細菌在叶片的維管束組織中大量繁殖，所以在显
微鏡下可以看到大量成堆的細菌从病叶的叶脉中流出(63)。
田間調查的时候，有时用扩大鏡代替显微鏡，也能检查有沒有
成堆的細菌从叶片組織內流出，并且以此为依据而作出診斷
(40)。水稻白叶枯病的診斷，还有人采用以下的方法：取小
玻管一个，內盛半寸左右的清水，切取长约2寸的小段病叶，
病叶的下端浸在水中，上半段露出水面，管口加蓋保湿，經過
一昼夜，如从切口的叶脉有小水珠溢出，则可以証实为白叶枯
病，而一般生理性的或真菌侵染而枯黃的病叶，用同样的方法
处理，就不形成以上这种水珠。这种診斷方法的根据是因为白
叶枯病細菌在維管束組織中大量繁殖时，产生吸水性强的胶
质，吸水以后就从叶脉的切口处溢出水珠。

病原細菌

病原細菌的鉴定

水稻白叶枯病的病原細菌是1923年由石山信一鉴定的，主要性状如下：杆菌， $0.5-0.8 \times 1.0-2.0$ 微米，有单根极鞭，格兰氏染色反应阴性。菌落圓形，表面光滑发光，蜡黄色。明胶不液化，牛乳的反应微酸性而不凝固。硝酸盐不还原为亚硝酸盐，可以产生硫化氢。葡萄糖、蔗糖和乳糖的发酵产生酸，但不产生气体。最适宜的生长温度为 $26-30^{\circ}\text{C}$ 。我国发现的水稻白叶枯病細菌，经过各地分离到的菌株进行比较，可能因测定方法不同除了在乳糖发酵的反应有极微小的差异以外，证明与石山信一所描述的基本上是一致的，因此可以确定为 *Xanthomonas oryzae* (Uyeda et Ishiyama) Dowson。我国各地的白叶枯病細菌，非但形态和培养性状相同，它们的生理生化反应也是完全一致的，詳见表2 (26, 30)。

研究水稻白叶枯病的过程中，在华南地区的水稻上发现了条斑型的細菌性病害，经过比較研究，证明华南的水稻細菌性条斑病与水稻白叶枯病是截然不同的病害，病原細菌的性状非但与水稻白叶枯病細菌完全不同，并且和以往文献中报

导过的植物病原細菌都不同，因此这是一种新的植物病原細菌，鉴定后命名为水稻条斑病細菌 (*Xanthomonas oryzzicola* Fang-et al)，它的性状如下：杆状菌，单生，亦形成双鏈，菌体大小是 $1.2 \times 0.3 - 0.5$ 微米，有单个极鞭，格兰氏染色反应阴性，不形成芽孢和荚膜。菌落圓形，边缘整齐，低度凸出，蜜黄色而发亮，并带粘性；斜面上生长呈綫状，在肉汁胰培养液上不形成显著的菌苔，但后期液面呈环状生长。好气性，在 28°C 生长良好。孔氏和費美培养液上不能生长。硝酸盐不还原成亚硝酸盐，可产生硫化氢和氨但不产生吲哚。明胶液化的能力中等，石蕊牛乳反应呈微碱性，石蕊大部还原，牛乳不凝固但可完全胰化。葡萄糖，阿拉伯糖，和蔗糖的发酵产生酸，但从乳糖、麦芽糖、甘露蜜醇、甘油和水楊甙都不产生酸。从以上碳水化合物中都不产生气体。在洋葱培养基平面上测定，証明不能水解淀粉，但在培养液中测定則发现可以水解淀粉。甲基紅和V.P.測驗的反应为阴性。侵染水稻引起典型的条斑，最初是青色水渍状条斑，后扩展成黄褐色水渍状条斑，病部有大量蜡黄色的細菌分泌物；发病后期組織成条枯死。人工接种在李氏禾上只形成紫褐色斑点或窄条，病菌在李氏禾的組織中不能大量繁殖。人工接种也証明不能为害菱笋。

水稻細菌性条斑病目前只有广东发现，但是从不同病区和年份分离到的菌株，进行比较以后，証明它們的反应是完全一致的，与白叶枯病細菌有明显而稳定的差异，生理生化反应如表3。除去致病性以外，水稻条斑病細菌与白叶枯病細菌在生理生化反应方面最显著的差异，就是条斑病細菌能够液化明胶和使牛乳胰化，并且从阿拉伯糖的发酵中可以产生酸。

表2 我国各地白叶枯病

菌株编号	菌株来源	NO ₃ 还原为 NO ₂	NH ₃ 的产生	H ₂ S 的产生	明胶 产生	明胶 液化	淀粉 水解	甲苯红 测验	V.P. 测验
OS-2	江苏 南京	-	+	+	-	-	-	-	-
OS-6	江苏 南京	-	+	+	-	-	-	-	-
OS-8	江苏 南京	-	+	+	-	-	-	-	-
OS-11	江苏 江阴	-	+	+	-	-	-	-	-
OS-21	江苏 高要	-	+	+	-	-	-	-	-
OS-31	江苏 宜兴	-	+	+	-	-	-	-	-
OS-41	江苏 常熟	-	+	+	-	-	-	-	-
OS-51	江苏 徐州	-	+	+	-	-	-	-	-
OS-61	浙江 诸暨	-	+	+	-	-	-	-	-
OS-82	浙江 诸暨	-	+	+	-	-	-	-	-
OS-71	江西 建塘	-	+	+	-	-	-	-	-
OS-81	山东 济南	-	+	+	-	-	-	-	-
OS-91	安徽 蕪湖	-	+	+	-	-	-	-	-
OS-101	湖北 金牛	-	+	+	-	-	-	-	-
OS-111	广东 广州	-	+	+	-	-	-	-	-
OS-113	广东 广州	-	+	+	-	-	-	-	-
OS-115	广东 广州	-	+	+	-	-	-	-	-

注：+ 表示阳性反应，- 表示阴性反应。

表3 水稻条斑病细菌不

测定菌株	菌株来源	NO ₃ 还原为 NO ₂	NH ₃ 的产生	H ₂ S 的产生	明胶 产生	明胶 液化	淀粉 水解	甲苯红 测验	V.P. 测验
O-1	广东	-	+	+	-	+	-	-	-
O-27	"	-	+	+	-	+	-	-	-
O-300	"	-	+	+	-	+	-	-	-
O-501	"	-	+	+	-	+	-	-	-
O-502	"	-	+	+	-	+	-	-	-

注：+ 表示阳性反应，- 表示阴性反应。

关于李氏禾等禾本科杂草与水稻白叶枯病和細菌性条斑病的关系,将在传染来源部分說明,这里只提一下李氏禾条斑病細菌的鉴定問題(26, 30)。广东珠江三角洲的李氏禾属植物游草(*Leersia hexandra* Swartz.)和华东及华中地区其他李氏禾属(*Leersia*)植物上,普遍发生一种細菌性条斑病。日本的文献曾強調李氏禾属植物与白叶枯病发生的关系,认为李氏禾属及其他禾本科杂草是白叶枯病細菌的越冬寄主。国内的研究証明李氏禾上的菌株,虽然也是属于 *Xanthomonas* 属的細菌,但是在培养性状、致病性、生理生化反应和血清反应等方面,与白叶枯病細菌完全不同。虽然李氏禾上的条斑病細菌与以上所描述的水稻条斑病細菌 (*Xanthomonas oryzae* Fang et al) 在生理生化反应方面比較接近(它們还是有很大差别),但是血清反应有所不同,而且致病性完全不同,因此李氏禾的条斑病細菌也是一个新种,命名为李氏禾条斑病細菌 (*Xanthomonas leersiae* Fang et al), 它的性状如下: 杆状菌,单生,但亦形成双鏈,菌体大小是 $1.2-1.4 \times 0.4$ 微米,有单

表 4 李氏禾条斑病細菌

測定菌株	菌 株 来 源	NO ₃ 还原为 NO ₂	NH ₃ 的 产生	H ₂ S 的 产生	明胶 的 产生	淀粉 的 液化	甲 基 紅	V.P.
G-2	<i>Leersia hexandra</i> 广东	-	+	+	-	+	-	-
G-12	" " "	-	+	+	-	+	-	-
LS-4	" <i>hackelei</i> 浙江	-	+	+	-	+	-	-
LS-5	" " "	-	+	+	-	+	-	-
LS-6	" " "	-	+	+	-	+	-	-
LJ-1	" <i>japonica</i> 江苏	-	+	+	-	+	-	-

注: + 表示阳性反应, - 表示阴性反应。

个极鞭, 格兰氏染色反应阴性, 不形成芽孢和荚膜。菌落圆形而边缘整齐, 低度凸起, 蜡黄色带粘性而发亮。斜面生长綫状。在肉汁腺培养液上不形成显著的菌苔, 但后期呈环状生长。好气性, 在28°C生长良好。孔氏和戴美培养液上不能生长。硝酸盐不还原成亚硝酸盐, 可产生硫化氢和氨, 但不产生吲哚。明胶液化的能力强, 石蕊牛乳反应呈微碱性, 石蕊大部还原, 牛乳不凝固保很快酶化。葡萄糖、阿拉伯糖和蔗糖的发酵可以产生酸, 但乳糖、麦芽糖、甘露醇、甘油和水杨甙都不产生酸。从以上碳素化合物中都不产生气体。在洋葱胶培养基平面上测定, 证明不能水解淀粉, 但是在培养液中测定, 则表现可以水解淀粉。甲基红和 V.P. 测验反应阴性。为害李氏禾, 引起水渍状条斑, 后变为黄褐色条斑。以人工强烈的接种方法 (抽气接种或刷接) 在水稻上引起水渍状斑点或短条斑, 但是很少扩展。喷洒接种在水稻上, 不引起白叶枯型或条斑型症状。李氏禾条斑病细菌对水稻的致病性极弱。从不同地区和不同李氏禾属植物上分离到的菌株, 它们的性状是一致的, 与不同菌株的生理生化反应

石蕊牛乳反应	葡萄糖	果糖	蔗糖	麦芽糖	乳糖	阿拉伯糖	水解乳糖	木糖	甜菜糖	鼠李糖	甘露醇	甘油	可溶性粉	水杨甙
微碱性, 还原, 酶化	A	A	A	—	—	A	A	A	—	—	—	—	—	—
"	A	A	A	—	—	A	A	A	—	—	—	—	—	—
"	A	A	A	—	—	A	A	A	—	—	—	—	—	—
"	A	A	A	—	—	A	A	A	—	—	—	—	—	—
"	A	A	A	—	—	A	A	A	—	—	—	—	—	—
"	A	A	A	—	—	A	A	A	—	—	—	—	—	—

水稻白叶枯病和条斑病細菌都有明显而稳定的差别,见表4。

水稻白叶枯病細菌和条斑病細菌与李氏禾条斑病細菌的相互关系,也可以从它們的血清反映測定。若以以上三种不同細菌的抗血清,与各地分离到的菌株进行凝集反应和凝集素吸收反应的測定,都証明它們之間的差异,见表5。

凝集反应測定的結果,虽然显示这三种不同的細菌在血清反应上的差异,但是属于同一种細菌的不同菌株,它們的反应稍有不同,特别是李氏禾条斑病細菌不同菌株的差异較为明显。同时在以上三种細菌中,根据他們的凝集反应,以白叶枯病細菌的差异較大,水稻条斑病細菌和李氏禾条斑病細菌比較接近。这一点和这两种細菌在生理生化反应也比較接近是相符合的。但是以上述抗血清进行凝集素吸收反应,水稻和李氏禾的条斑病細菌就显示出很明显的差异,见表6。

已經証实水稻白叶枯病細菌和水稻及李氏禾的条斑病細菌,在自然发病的条件下,引起完全不同的病状,它們的致病性也是完全不同的。为了进一步研究它們相互侵染的可能性,又用人工接种的方法測定、植物病原細菌致病性的比較研究,除去注意发病的条件以外,最重要的就是接种的方法和接种的时期。根据某一个时期,采用强烈的接种方法得到的結果,往往会得到不正确的結論。为了比較水稻和李氏禾不同菌株的致病性,曾在不同的时期,用不同的方法接种,重复試驗所得到的結果总结如表7。苗期抽气接种証明是极强烈的接种方法,所有測定的菌株經過抽气接种,在水稻上都能形成水漬状条斑,因此抽气接种并不能反映它們致病性的差异。李氏禾条斑病細菌的菌株G—2与G—12所形成的条斑較短,发

表 5 水稻和李氏禾上三种细菌的凝集反应测定结果

抗 血 清	测 定 抗 原 菌 株	抗 血 清 稀 释 倍 数							
		40	80	160	320	640	1,280	2,560	5,120 对照
Xanthomonas oryzae (OS-2)	OS-2	+++	+++	+++	+++	+++	++	+++	—
	OS-6	+++	+++	+++	+++	+++	++	+++	—
	OS-11	+++	+++	+++	+++	+++	++	+++	—
	OS-21	+++	+++	+++	+++	+++	++	+++	—
	OS-31	+++	+++	+++	+++	+++	++	+++	—
	OS-41	+++	+++	+++	+++	+++	++	+++	—
	OS-51	+++	+++	+++	+++	+++	++	+++	—
	OS-61	+++	+++	+++	+++	+++	++	+++	—
	OS-62	+++	+++	+++	+++	+++	++	+++	—
	OS-71	+++	+++	+++	+++	+++	++	+++	—
	OS-81	+++	+++	+++	+++	+++	++	+++	—
	OS-91	+++	+++	+++	+++	+++	++	+++	—
	OS-101	+++	+++	+++	+++	+++	++	+++	—
	OS-111	+++	+++	+++	+++	+++	++	+++	—
	OS-113	+++	+++	+++	+++	+++	++	+++	—
	OS-115	+++	+++	+++	+++	+++	++	+++	—
Xanthomonas oryzicola	O-1	++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	—
	O-27	++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	—
	O-300	++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	—
	O-501	++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	—
Xanthomonas leersiae	O-502	++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	—
	G-2	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	—
	C-12	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	—
	LS-4	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	—
	LS-5	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	—
	LS-6	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	—
	I, J-1	++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	—