

溫度與濕度對山葵黑心病發生之影響

王貴美 羅朝村 杜金池 蔡武雄

台中縣 臺灣省農業試驗所植物病理學系

接受日期：中華民國 81 年 8 月 6 日

摘 要

王貴美、羅朝村、杜金池、蔡武雄。1992。溫度與濕度對山葵黑心病發生之影響。植病會刊 1:96-103。

山葵黑心病菌 (*Phoma wasabiae*) 之柄孢子發芽、菌絲生長及柄子殼形成最適溫度為 20-28 C，引起山葵發病之最適宜溫度是 20-25 C，在相對濕度 98-100% 及水份潛勢 -1 ~ -10 bars 間有利於病原菌柄子殼產生、柄孢子釋放、柄孢子發芽及菌絲生長。盆栽及田間試驗，顯示相對濕度愈高 (55-100%)，山葵黑心病之發生愈趨嚴重。按達邦及清境山葵栽培區之氣象及山葵黑心病週年發生的資料顯示，氣象因子與山葵黑心病之發生間具有密切的關係，其中尤以高濕多雨季節發生較為嚴重。將達邦山葵栽培區 1991 年 1 月 6 月之氣象資料與病勢進展進行單相關分析，結果顯示，病勢進展 (Y) 和雨量 (X_1) 或降雨日數 (X_2) 成正相關 ($Y = 0.306 + 0.077 X_1$, $r = 0.982$; $Y = -5.85 + 2.273 X_2$, $r = 0.878$)，複因子迴歸分析結果顯示，病勢進展與溫度 (X_3)、濕度 (X_4)、雨量及降雨日數有密切的關係 ($Y = 4.042 + 0.028 X_1 - 0.246 X_2$, $r = 0.983$; $Y = 66.15 + 0.092 X_1 - 0.745 X_4$, $r = 0.989$; $Y = 0.182 + 0.076 X_1 + 0.036 X_2$, $r = 0.982$; $Y = 169.463 + 0.095 X_1 + 1.279 X_3 - 2.132 X_4$, $r = 0.998$; $Y = 104.914 + 0.081 X_1 + 0.742 X_2 - 1.212 X_4$, $r = 0.995$)。

關鍵字：山葵、黑心病、溫度、濕度。

緒 言

山葵 (*Wasabia japonica* (Miquel) Matsumura) 屬十字花科多年生常綠之半陰性植物，性喜陰涼多濕的環境，是本省重要出口之經濟性作物。自民國三年由日本引進栽培後，雖歷經數十載，然因栽培區侷限於高冷山區，農民大都採用粗放連作栽培，導致病害發生嚴重。根據日本鈴木春夫 (9) 1982 年所記載，山葵主要病害有八種；本省除萎縮病 (Tobacco mosaic virus, Cucumber mosaic virus, Turnip mosaic virus 引起) 外，亦有其他病害，其中以黑心病菌 (*Phoma wasabiae* Yokogi) 所引起根莖維管束之黑變 (Blackleg or streak disease)，對山葵品質及商品價值影響最鉅，為本省山葵栽培上最重要的限制因子。

鈴木春夫 (8) 指出溫度會影響山葵黑心病在各季節的病勢進展。多久田達雄等 (3) 亦報告環境因子如溫度、濕度會影響病原菌柄子殼形成數目及病斑之多寡。因此作物病害的發生，往往受制於氣候因子的變化 (17,22,29)。筆者等從田間之觀察亦發現，氣候的變

化是造成本省山葵黑心病發生嚴重的主因之一 (1)。然本省除童氏 (7) 報告有關基本研究外，有關病害之發生生態及防治的報告仍相當匱乏。本研究旨在瞭解山葵黑心病在田間之週年消長，並探討氣象因子與病害發生之關係及其對病原菌之影響，以作為將來山葵栽培管理及病害防治策略擬定之參考。

材料與方法

溫度與黑心病菌生長及發病之關係

山葵黑心病菌菌株 AL-5-L-1 單孢培養於馬鈴薯葡萄糖瓊脂 (PDA) 斜面 14 天之柄孢子懸浮液，塗抹於 3% 水瓊脂平板，置於 4、8、12、16、20、24、28、32 及 36 C 等不同溫度之恆溫箱中培養 18 hr 後，觀察記錄柄孢子之發芽情形；另以 3 mm 之打孔器打取培養在 PDA 平板培養基 10 天之黑心病菌菌落邊緣之菌絲塊，移入 PDA 平板上，然後置於上述不同溫度之恆溫箱中；一週後，記錄菌落之生長情形；二週後記錄

柄子殼數目。

以濃度為 5×10^5 conidia/ml 之柄孢子懸浮液，噴霧接種於山葵(株齡為八個月)葉片上，其葉片大小(最大寬×最大長)分別為 7-9 cm × 6-8 cm；然後分別置於溫度為 10、15、20、25 及 28 C 之生長箱中(生長箱之相對濕度在接種後維持 100% 72 小時，其後維持 90%)，觀察並記錄病斑出現之時間及病勢進展，罹病度之計算方式為：調查接種葉片受黑心病菌感染之比率，其等級共分五級：

0 級：葉片無病斑

1 級：葉片被感染面積在 0-10%

2 級：葉片被感染面積在 11-25%

3 級：葉片被感染面積在 26-50%

4 級：葉片被感染面積在 51% 以上

$$\text{罹病度} = \frac{n_1 + 2n_2 + 3n_3 + 4n_4}{4N} \times 100\%$$

N：調查總葉片數

n_1 、 n_2 、 n_3 、 n_4 ：各級罹病葉片數。

相對濕度與黑心病菌生長及發病之關係

選擇穩定之化合物，分別於 20 C 及 25 C 下，調配成 52、62.5、76、80、90、93、96、98 及 100% 等相對濕度之飽和鹽類溶液(16)。塗抹濃度為 5×10^5 conidia/ml 之柄孢子懸浮液於消毒過之過濾膜(孔徑為 0.22 μm)上，置於上述之鹽類溶液所形成之不同相對濕度之密封培養皿中，培養 30 小時後，經棉藍染劑(0.1% cotton blue)染色，計數其發芽率。另將約含 50 粒柄子殼(已成熟者)之菌絲塊，分別置於不同相對濕度(90、93、96、98、100% 及 100% 含有 0.9 ml 之水膜或水滴)之培養皿中，每日觀察並記錄其柄子殼釋放柄孢子之百分率。

選擇株齡為六個月及一年之山葵，進行葉面噴霧接種(濃度為 5×10^5 conidia/ml)，置於相對濕度為 55% 至 100% 之密封接種盒(直徑為 15 cm，內高為 30 cm 之活動式壓克力盒)中，分別放置於 20 C 之生長箱及田間(達邦)，定期觀察山葵葉片黑心病之病勢進展；另於生長箱接種試驗中，在 100% 相對濕度接種盒中，再加上噴霧處理，每株每日噴水 10 ml。

水份潛勢對山葵黑心病菌生長之影響

將黑心病菌柄孢子懸浮液及菌絲塊(同上之菌源)移入以化合物 NaCl 所調製成水份潛勢為 -1、-6、-10、-24、-33、-41、-56、-66、-76、及 -98 bars 之玉米粉平板培養基中，置於 25 C 之恆溫箱中，定期觀察其柄孢子發芽率，菌絲生長，柄子殼產生及柄孢子釋放情形。

以上各項試驗均進行二次，每處理四重複。

山葵黑心病之週年發生消長及田間氣象因子與山葵黑心病病勢進展之關係

自 1991 年 1 月至 12 月，每月定期至清境及達邦山葵栽培區，調查山葵葉黑心病的發生情形，其中清境地區山葵已栽植一年，達邦地區則為新移植之幼株。病害調查方式有二：一為在栽培區選定六小區，每小區各選 10 株，調查其罹病葉片百分率；二為在每小區各選 10 株，調查其直徑大於 6 cm 以上所有葉片受黑心病菌感染之比率(罹病率)及罹病度。罹病度計算方式同上。

在達邦調查中，設置自動溫濕度記錄器及雨量計，以記錄氣象資料，圖七為達邦山葵栽培區溫度、濕度、雨量(以每十日之記錄值之平均值為單位點)及山葵黑心病罹病度之週年變化。由於 7 月以後病害嚴重，造成大量落葉，致影響罹病度之累計值，故祇分析 1991 年 1 月至 6 月間，調查前一個月之氣象因子即溫度、濕度、雨量及降雨日數(不包括調查前一星期之氣象資料)與罹病度間之關係，並進行複因子迴歸分析，以瞭解病勢進展與氣象因子的關係。

結 果

溫度與黑心病菌生長及發病之關係

圖一結果顯示，本病原菌柄孢子發芽、菌絲生長及柄子殼形成溫度，分別在 12-32 C、4-32 C 及 12-32 C 間，最適溫度為 20-28 C。另由溫度與病害發生之試驗得知，山葵發病之適宜溫度為 20-25 C；山葵在 10、15、20、25 及 28 C 下，分別在接種後第 13、10、7、6 及 6 天出現黑色小斑點病徵，在 20-25 C，病勢進展較 10-15 C 快(圖二)。另在 28 C 時，山葵葉在接種後第 6 天即黃化，生長停滯。

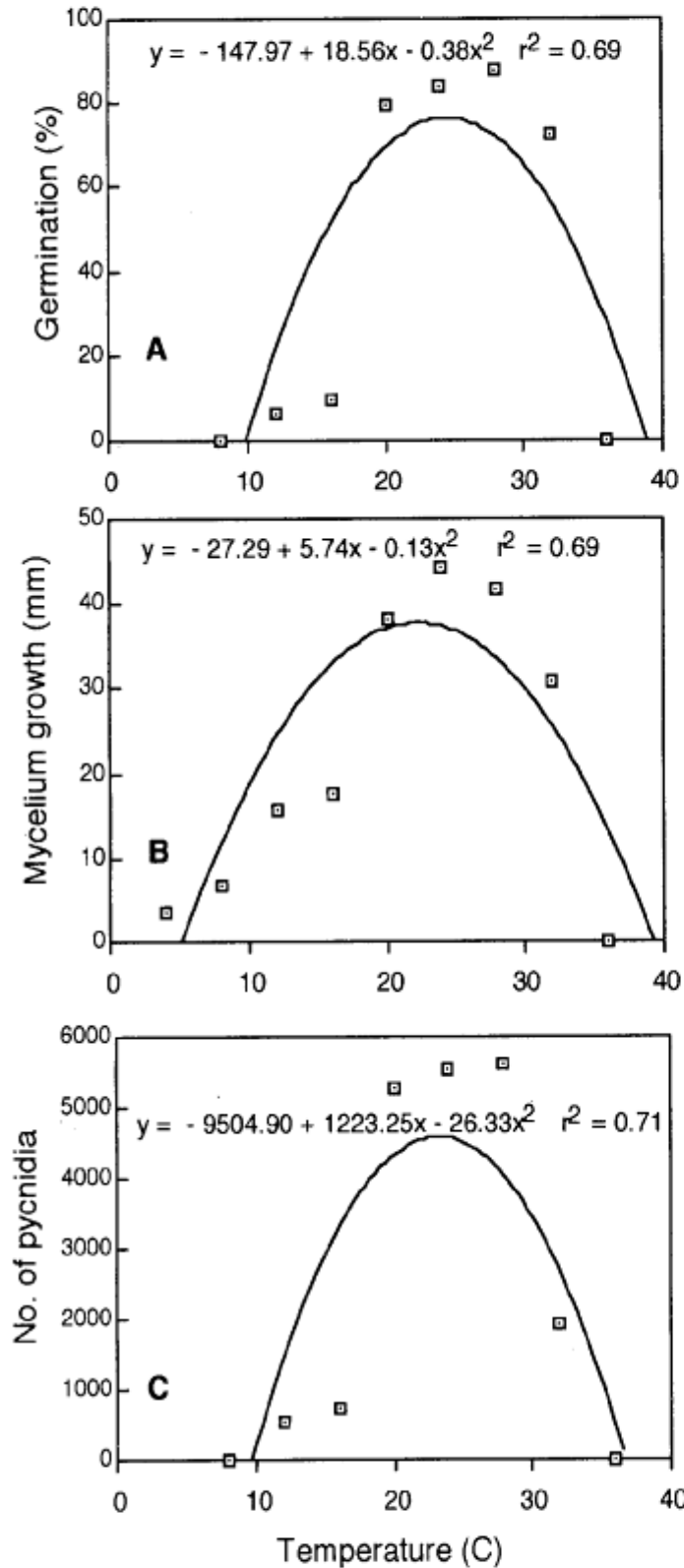
相對濕度與黑心病菌生長及發病之關係

由圖三結果得知，本病原菌在 20 C 及 25 C 時，柄孢子發芽之相對濕度需在 93% 以上，較適宜發芽之相對濕度為 98-100%。在柄孢子釋放方面顯示，相對濕度愈高，愈有利於柄子殼釋放柄孢子，尤其柄子殼表面上含有水膜時，最利於柄子殼釋放柄孢子(表一)。溫室及田間接種試驗亦顯示，相對濕度在 98% 以上，病勢進展較快且嚴重，尤以相對濕度 100%，或加上噴霧處理者，最為嚴重(圖四)。

水份潛勢對山葵黑心病菌生長之影響

由圖五結果得知，水份潛勢在 -1 ~ -10 bars 間較利於柄子殼之產生、柄孢子之釋放、柄孢子發芽及菌

絲生長；水份潛勢值愈小，病原菌生長愈差。在 -66 bars 以下，柄孢子即無發芽，且菌絲生長停止；在 -24 bars 以下，則無柄子殼形成及柄孢子釋放。



圖一、溫度對山葵黑心病菌柄孢子發芽(A)、菌絲生長(B)及柄子器形成(C)之影響。

Fig. 1. Effect of temperature on pycnidiospore germination (A), mycelial growth (B), and pycnidia production (C) of *Phoma wasabiae*.

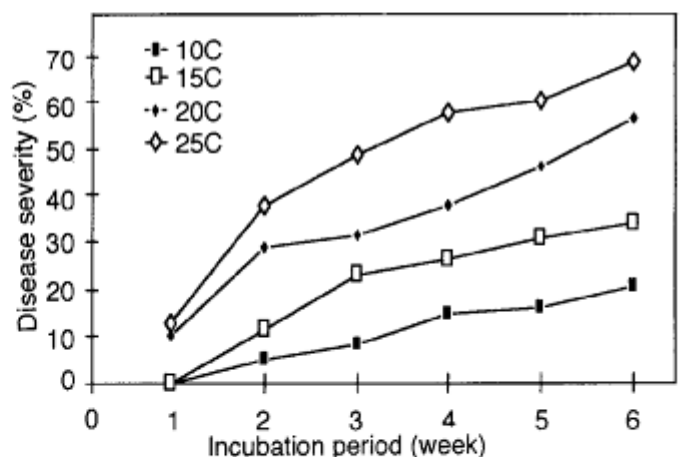
山葵黑心病之週年發生消長及田間氣象因子與山葵黑心病病勢進展之關係

由達邦及清境山葵栽培區黑心病週年發生率(圖六)顯示，山葵黑心病在山葵之栽培期間，均普遍發生，尤其以4月至10月間之高濕多雨季節，發生最為嚴重，葉片罹病率最高幾乎達90%。在冬季低溫期(11月至1月)，病勢進展則較遲緩(圖七)。在達邦地區8月至9月間，罹病率顯著下降；而清境山葵栽培區，卻在5月至6月間罹病率呈現下降的趨勢。

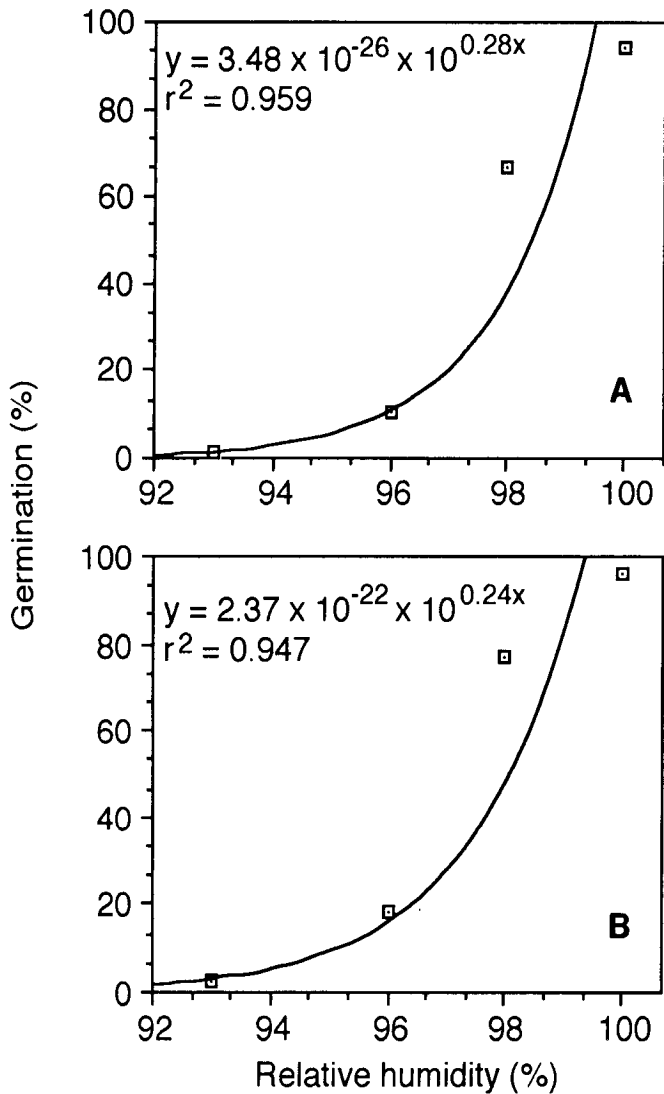
由達邦山葵栽培區一月至六月間之氣象資料與病勢進展之單相關統計分析結果顯示，病勢進展(Y)和雨量(X_1)或降雨日數(X_2)有顯著性的正相關($Y = 0.306 + 0.077 X_1$, $r = 0.982$; $Y = -5.85 + 2.273 X_2$, $r = 0.878$)，尤其和雨量關係最為密切($P < 0.01$)，至於與溫度(X_3)、及相對濕度(X_4)雖亦呈正相關，但無顯著關係($Y = -30.055 + 2.422 X_3$, $r = 0.703$; $Y = -215.37 + 2.472 X_4$, $r = 0.744$)。複因子迴歸分析結果顯示，病勢進展與溫度(X_3)、濕度(X_4)、雨量及降雨日數間有密切的關係($Y = 4.042 + 0.028 X_1 - 0.246 X_3$, $r = 0.983$; $Y = 66.15 + 0.092 X_1 - 0.745 X_4$, $r = 0.989$; $Y = 0.182 + 0.076 X_1 + 0.036 X_2$, $r = 0.982$; $Y = 169.463 + 0.095 X_1 + 1.279 X_3 - 2.132 X_4$, $r = 0.998$; $Y = 104.914 + 0.081 X_1 + 0.742 X_2 - 1.212 X_4$, $r = 0.995$)。

討 論

山葵黑心病是目前本省山葵栽培期間最嚴重的病害，亦是日本山葵栽培事業主要障礙之一(11,12)；山葵在日本之主要栽培模式有水植及早作栽培(4)。橫木國臣及上野良一(11)報告早作栽培之山葵，其黑心病及軟腐病之發生較為嚴重，連續種植有忌地現象(soil sickness)，故建議同一栽培場連作栽培以三次為



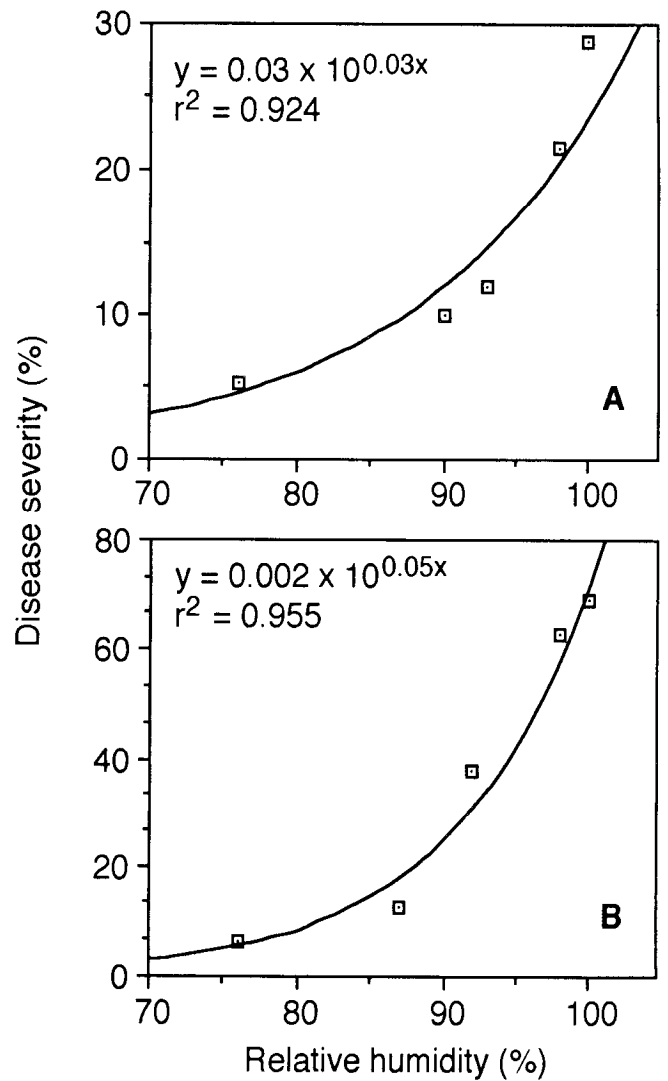
圖二、山葵葉黑心病在不同溫度下之病勢進展。
Fig. 2. The disease development of wasabi leaves infected by *Phoma wasabiae* at different temperatures.



圖三、相對濕度對山葵黑心病菌發芽之影響。
 Fig. 3. Effect of relative humidity on pycnidiospore germination of *Phoma wasabiae* at 20 C (A) and 25 C (B).

限，否則將嚴重影響山葵之生育及品質。本省的山葵栽培大多是早作栽培，栽培地區侷限於高冷地之林蔭下，長年連作黑心病之發生遠較日本嚴重(12,20)。筆者等從田間病害調查中發現，種苗帶菌是山葵黑心病普遍發生的最主要因子，其分蘖苗及根段苗帶菌分別達 67-85% 及 17-49% (13)，由於黑心病菌可為害山葵之根、根莖、葉柄、葉及花軸，罹病葉在後期並可形成大量柄子殼，遇環境適合時，即釋放出大量的柄孢子，成為二次感染源，進而造成此病害之蔓延與傳播(1)。

1976年，鈴木春夫(8)報告黑心病於杉本及桐山栽培區之週年發生，指出此病在4月後因氣溫上升，葉部開始發生，5月至6月間，病害發生嚴重，7月至8月逢夏季高溫期，葉片病斑停止擴展，其後氣溫下降，病勢又再擴展，至11月時持續進展，12月後逢冬季低溫積雪期，病勢停止進展；但根莖之黑變則全年發生，



圖四、相對濕度對山葵葉黑心病罹病度之影響。
 Fig. 4. Effect of relative humidity on the disease severity of wasabi leaves caused by *Phoma wasabiae* in growth chamber(A) and Ta-pang field(B).

惟冬季低溫期，病勢進展極緩慢。本省之黑心病發生消長和日本頗為類似，惟季節溫差變化不如日本明顯，本省山葵幾乎全年皆遭黑心病菌之感染，惟病勢進展有快慢之別。由圖六、七之田間黑心病發生消長及罹病度與氣象因子之關係曲線，4月至10月是本省較高溫且多雨季節，病害發生較為嚴重，達邦地區6月至7月間，山區頻繁之陣雨，使病勢進展極猖獗，甚而導致落葉；清境地區在4月至5月間之梅雨季節，黑心病亦發生嚴重，但因農友自行疏葉，而致6月之罹病度降低，11月至1月是冬季低溫與乾燥時期，病勢進展則有較遲緩的趨勢。

諸多報告(15,18,19,21,23,24,25)記載環境因子如溫度、濕度、雨量、露水及降雨期間，可能是影響病害發生之重要因子，Renfro與Wilcoxson(26)曾報告溫、濕度是造成牧草葉斑(leaf spot)及莖黑變(spring black

表一、不同相對濕度對山葵黑心病菌柄子殼釋放柄孢子之影響

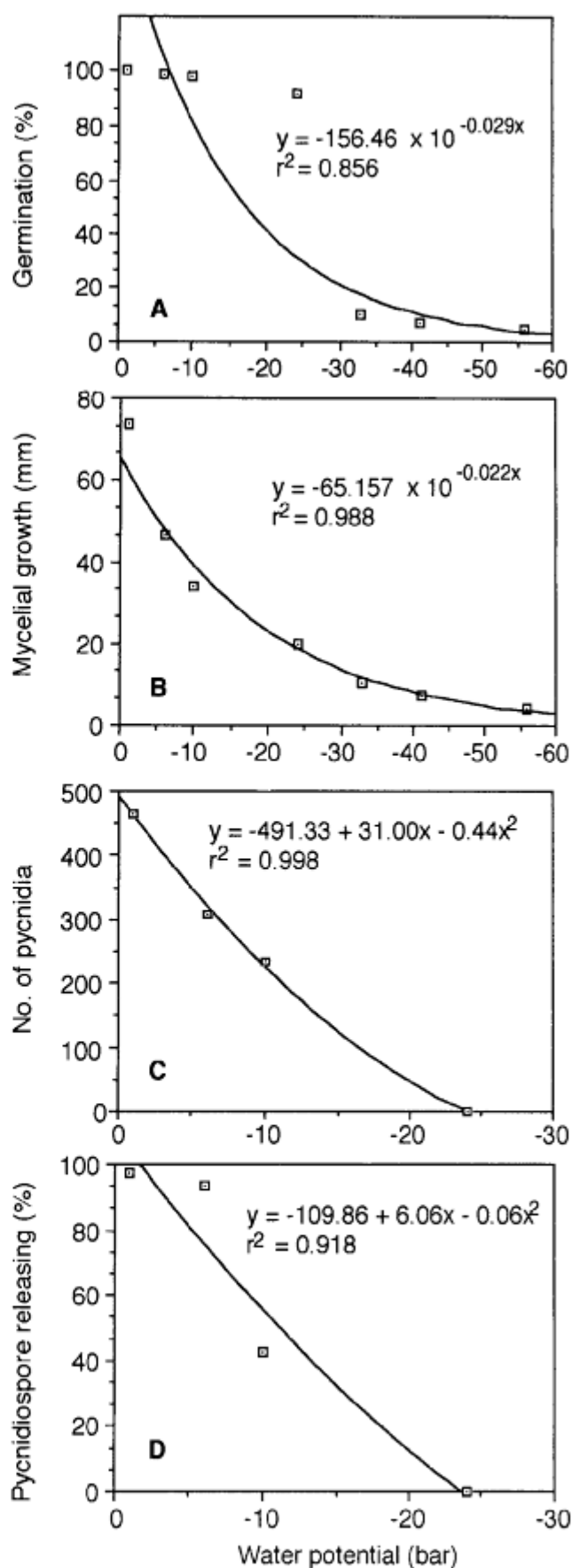
TABLE 1. Effect of different relative humidities on percentage of releasing pycnidiospore of pycnidia¹ of *Phoma wasabiae* at 25 C

Relative humidity (%)	Days after treatment ²						
	1	2	3	4	5	6	7
90	0	0	0	1.9	2.0	4.1	4.6
93	0	0	0	2.4	2.5	4.2	4.9
96	0	0	0	2.5	2.7	4.1	6.6
98	0.6	0.8	2.0	4.0	5.4	6.2	7.1
100	2.1	2.4	4.1	6.0	7.9	9.2	10.3
Wet ³	7.6	15.0	20.7	38.5	50.8	63.8	69.8

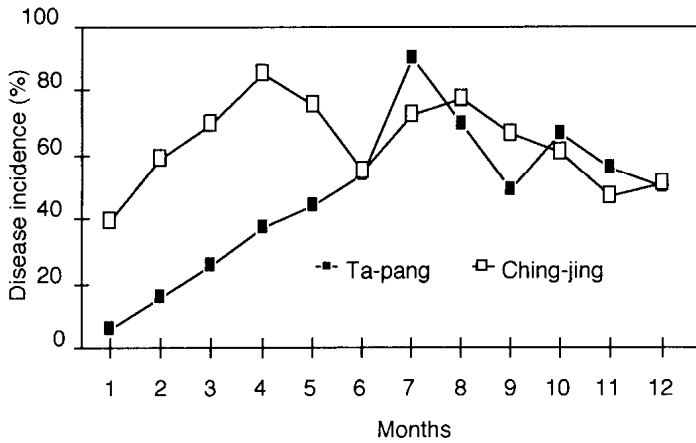
1. Each 5 mm-diameter mycelium disc contained 50-70 pycnidia cut from 10 days old culture.
2. Data were measured on 7 continuous days observation, each value represents the mean of four replicates.
3. Wet represents 0.9 ml sterilized water dropping on each mycelium disc.

stem) (由 *Phoma herbarum* West var. *medicaginis* Fekl 引起) 最主要的因子, 尤以濕度為最, 經 24-48 小時之濕室接種試驗, 即足以造成此病之猖獗。Barbetti (14) 亦指出 *Phoma medicaginis* 維持於高濕度接種室中的時間愈長, 紫花苜蓿之莖黑變 (black stem) 及葉斑 (leaf spot) 則愈嚴重。本省蘆筍莖枯病 (*Phoma asparagi* Sacc. 引起) 之發生在高溫多濕季節較為嚴重, 與降雨量及降雨日數有密切關係 (5,6,27)。經由筆者等分析達邦地區 1 月至 6 月間之氣象資料與病勢進展之結果, 則顯示降雨量及降雨日數是影響田間山葵黑心病嚴重發生的主要因子, 其中尤以降雨量之影響最為顯著 ($P < 0.01$) (表二), 多久田達雄及広沢敬之 (3) 亦指出多雨期是黑心病之重要感染及傳播時期。

依據本試驗所收集到的菌株, 其菌絲生長溫度範圍在 4 至 32 C。適宜生長溫度為 20 至 28 C, 至於菌株間則無顯著性差異 (未發表), 此與 1984 年童氏 (7) 報告此病原菌為低溫生長菌, 15-21 C 為其適宜生長溫度略有不同, 但與 1982 年鈴木春夫 (9) 記載之發育溫度為 4 至 34 C, 最適溫 26 C 則較相近, 至於其他病原菌之培養特性與接種試驗所得之結果亦與 1952 年橫木國臣所記載雷同 (10)。在溫度與病害發生方面, 橫木國臣 (10) 報告 *P. wasabiae* 對山葵根莖及根之侵染程度隨溫度之升高而增強 (9-25 C), 亦即病原菌為害山葵根莖維管束在 25 C 較其他溫度之病徵進展迅速。本試驗結果亦顯示, 黑心病菌在 10-28 C 均能侵染山葵葉片,



圖五、水份潛勢對山葵黑心病菌柄孢子發芽 (A)、菌絲生長 (B)、柄子殼形成 (C) 及柄孢子釋放 (D) 之影響。
Fig. 5. Effect of water potential on pycnidiospore germination (A), mycelial growth (B), pycnidia production (C) and pycnidiospore releasing (D) of *Phoma wasabiae*.

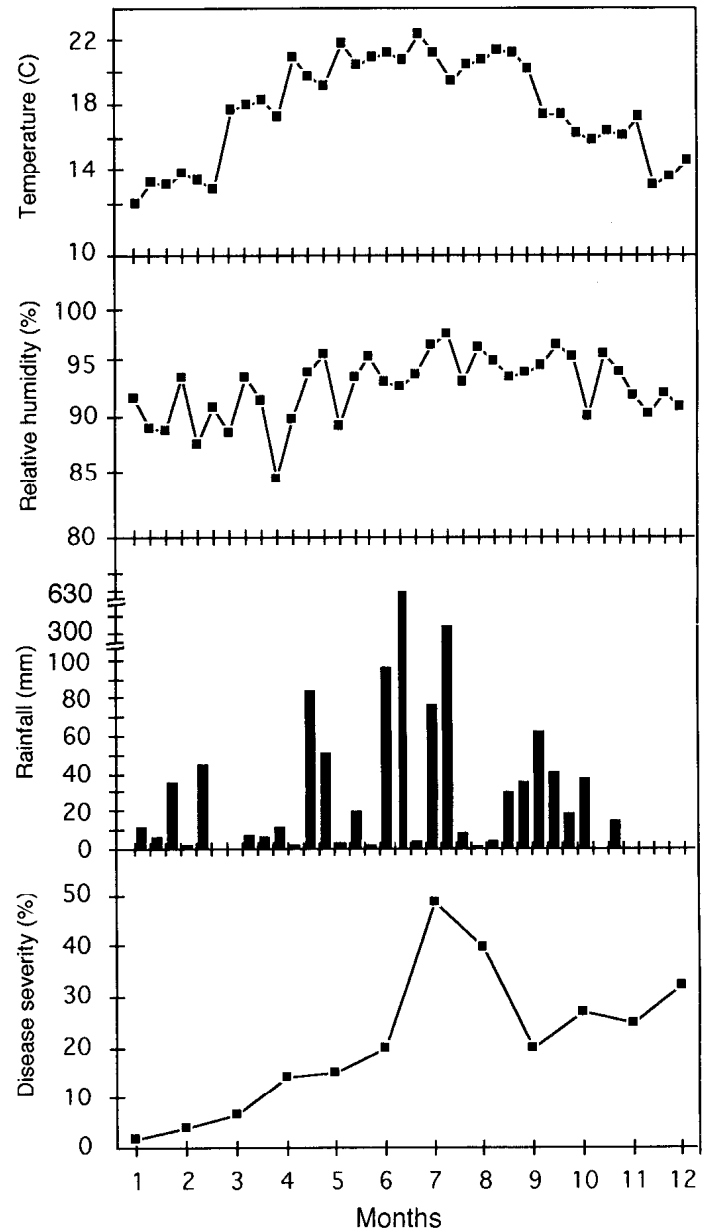


圖六、一九九一年達邦及清境地區，山葵葉片週年受黑心病菌為害之情形。

Fig. 6. Occurrence of streak disease on wasabi leaves caused by *Phoma wasabiae* at Ta-pang and Ching-jing in 1991.

適宜發病溫度為 20–25 °C，至於 28 °C 以上則山葵生長停滯，甚至枯萎。溫度愈低，病勢進展愈遲緩（圖二），此現象可說明何以田間低溫期，病勢進展緩慢之原因。

1989 年，Vanniasingham 和 Gilligam (28) 報告甘藍黑腳病 (由 *Phoma lingam* (Tode:Fr.) Desm. 引起) 之潛伏感染期及柄子殼之形成與環境因子有密切關係，其與溫度、濕度及葉面濕潤時間 (leaf wetness) 成顯著之正相關。方與杜 (2) 認為雨量愈多，蘆筍莖枯病菌 (*P. asparagi* Sacc.) 之柄子殼所釋放之柄孢子亦愈多，病害之發生亦相對嚴重。多久田達雄及廣沢敬及 (3) 曾進行散水處理 (15–20 mm/hr) (模擬降雨) 於山葵植株，發現有利於柄子殼之形成。由本試驗之結果顯示，黑心病菌柄孢子必須在相對濕度 93% 以上始能發芽，尤以在相對濕度 98–100% 之高濕度下為佳 (圖三)。另由水份潛勢試驗亦得知，此病原菌在水份潛勢為 -1 ~ -98 bars 間，水份潛勢愈大，愈有利於柄子殼之形成、柄孢子釋放及柄孢子發芽。雖然本試驗在 -24 bars 以下，未發現有柄子殼形成及柄孢子釋放 (圖五)，但黑心病菌在不同化合物所調配成之水份潛勢中，生長範圍略有差異，如以 KCl 所調配成之水份潛勢至 -100 bars 時，菌絲尚能生長；-63 bars 及 -32 bars 以下，始無法形成柄子殼及釋放柄孢子 (未發表)。盆栽及田間接種試驗亦證實山葵在高相對濕度 (98–100%) 下，罹患黑心病比率較高，被害度亦較嚴重。尤其在相對濕度 100% 又加噴霧處理者，更有利於病害之擴展。另柄子殼在含有水膜或水滴時，其柄孢子釋放率亦較高 (表一)，此似乎可以說明田間多雨期病害嚴重且勢進展快速的原因。



圖七、達邦山葵栽培區溫度、濕度、雨量與葉黑心病罹病度之週年變化。

Fig. 7. The fluctuation of temperature, relative humidity, rainfall and disease severity of wasabi leaf caused by *Phoma wasabiae* at Ta-pang from Jan. to Dec. in 1991.

引用文獻

1. 王貴美、羅朝村、杜金池、蔡武雄。1991。溫濕度對山葵黑心病之影響。植保會刊 33:434 (摘要)。
2. 方新政、杜金池。1980。蘆筍莖枯病原菌 (*Phoma asparagi* Sacc.) 柄孢子之釋放及其防治。臺灣蘆筍研究報告 69:33-37。
3. 多久田達雄、廣沢敬之。1975。ワサビ墨入病菌の病斑上における柄子殼形成につれて。近畿中國農研 50:53-57。

表二、達邦山葵葉黑心病病勢進展與氣象因子之關係

TABLE 2. The correlation of increasing disease severity of wasabi leaf infected by *Phoma wasabiae* at Ta-pang with weather condition

Regression equation ¹	Determination coefficient (r)
$Y = 0.306 + 0.077 X_1$	0.982** ²
$Y = -5.85 + 2.273 X_2$	0.878*
$Y = 4.042 + 0.028 X_1 - 0.246 X_3$	0.983**
$Y = 66.15 + 0.092 X_1 - 0.745 X_4$	0.989**
$Y = 0.182 + 0.076 X_1 + 0.036 X_2$	0.982**
$Y = 169.463 + 0.095 X_1 + 1.279 X_3 - 2.132 X_4$	0.998**
$Y = 104.914 + 0.081 X_1 + 0.742 X_2 - 1.212 X_4$	0.995*

1. Y: Increasing disease severity, X₁: Percipitation, X₂: Days of raining, X₃: Average temperature, X₄: Average relative humidity.

2. * Significant at 5% level, ** significant at 1% level.

- 足立昭三. 1987. ワサビ栽培. 秀潤社出版. 東京, 199 pp.
- 李全平. 1982. 蘆筍病害防治(一)莖枯病發生預測部份. 臺灣蘆筍研究報告 71:86-87.
- 黃基森、劉崑恩. 1987. 影響蘆筍莖枯病菌柄孢子之釋放及壽命之因子. 臺灣蘆筍研究報告 75-76:197-206.
- 章伯開. 1984. 山葵黑心病之基本研究. 嘉義農專農園藝 14:1-10.
- 鈴木春夫. 1976. ワサビ主要病害の生態と防除. 植物防疫 30(9):34-38.
- 鈴木春夫. 1982. ワサビの病害. p.451-459. 野菜の病蟲害診斷と防除. 岸國平編. 全國農村教育學會出版. 東京, 654 pp.
- 橫木國臣. 1952. 山葵の病害に關する研究. 島根農試 77週年紀念報. 島根, 70 pp.
- 橫木國臣、上野良一. 1979. ワサビ—山間地の有利な副業. 農山漁村文化協會出版. 東京, 149 pp.
- 羅朝村、王貴美、杜金池、蔡武雄. 1990. 山葵黑心病之研究. 植保會刊 32:345 (摘要).
- 羅朝村、王貴美、杜金池、蔡武雄. 1991. 山葵黑心病之感染源與防治. 植保會刊 33:434 (摘要).
- Barbetti, M. J. 1991. Effects of temperature and humidity on diseases caused by *Phoma medicaginis* and *Leptosphaerulina trifolii* in lucerne (*Medicago sativa*). Plant Pathology 40:296-301.
- Carnegie, S. F. 1980. Aerial dispersal of the potato gangrene pathogen, *Phoma exigua* var. *foveata*. Annual of Applied Biology 94:165-167.
- Dhingra, C. D., and Sinclair, J. B. 1985. Basic Plant Pathology Methods. CRC Press, INC. New York. 355pp.
- Dodd, J. C., Estrada, A. B., Matcham, J., Jeffries, p., and Jeger, M. J. 1991. The effect of climatic factors on *Colletotrichum gloeosporioides*, causal agent of mango anthracnose, in the Philippines. Plant Pathology 40:568-575.
- Fitt, B. D. L., McCartney, H. A., and Walklate, P. J. 1989. The role of rain in dispersal of pathogen inoculum. Ann. Rev. Phytopathol. 27:241-270.
- Goods, R. D., and Tschirsch, M. 1962. Effect of environmental factors on spore germination, spore survival, and growth of *Gloeosporium musarum*. Mycologia 54:353-367.
- Goto, M., and Matsumoto, K. 1986. Causal agents associated with the internal black rot syndrome of Japanese horse radish (*Eutrema wasabi* Maxim.) Ann. Phytopath. Soc. Japan 52:59-68.
- Grove, G. G., and Boal, R. J. 1991. Influence of temperature and wetness duration on infection of immature apple and pear fruit by *Phytophthora cactorum*. Phytopathology 81:1465-1471.
- Holmes, J., and Rich, A. E. 1970. Factors affecting release and dissemination of *Physalospora obtusa* spores in a New Hampshire apple orchard. Phytopathology 60:1052-1054.
- Jensen, R. E., and Boyle, L. W. 1985. The effect of temperature, relative humidity and precipitation on peanut leafspot. Plant Dis. Repr. 49:975-978.
- McRae, C. F., and Auld, B. A. 1988. The influence of

- environment factors on anthracnose of *Xanthium sponosum*. *Phytopathology* 78:1182-1186.
25. Park, R. F. 1990. The role of temperature and rainfall in the epidemiology of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* in the summer rainfall area of eastern Australia. *Plant Pathology* 39:416-423.
26. Renfro, B. L., and Wilcoxson, R. D. 1963. Spring black stem of alfalfa in relation to temperature, moisture, wounding, and nutrients and some observations on pathogen dissemination. *Phytopathology* 53:1340-1345.
27. Tu, C. C. 1985. Major diseases of Asparagus and their control in Taiwan. p.25-38 in:Tainan DAIS Scientific Meeting Report. Tu, C. C. ed. Tainan, 98 pp.
28. Vanniasingham, V. M., and Gilligam, C. A. 1989. Effect of host, pathogen and environmental factors on latent period and production of pycnidia of *Leptosphaeria maculans* on oilseed rape leaves in controlled environments. *Mycological Research* 93:167-174.
29. Yang, X., Wilson, L. L., Madden, L. V., and Ellis, M. A. 1990. Rain splash dispersal of *Colletotrichum acutatum* from infected strawberry fruit. *Phytopathology* 80:590-595.

ABSTRACT

Wang, K. M., Lo, T. C., Tu, C. C., and Tsai, W. H. 1992. Effect of temperature and humidity on the development of wasabi streak disease caused by *Phoma wasabiae*. *Plant Pathol. Bull.* 1:96-103. (Department of plant Pathology, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan, R.O.C.)

The laboratory studies showed that the favorable temperature for pycnidiospore germination, mycelial growth, and pycnidia formation of *Phoma wasabiae* was 20–28 C. The optimum temperature for leaf infection was 20–25 C. High relative humidity (98–100%) and high water potential (–1 ~ –10 bars) were beneficial to pycnidia formation, pycnidiospore release, pycnidiospore germination and mycelial growth. The growth chamber and field experiments also indicated that the disease incidence and severity increased as relative humidities increased. The weather condition in wasabi's cultivation fields at Ta-pang and Ching-jing was closely related to occurrence of the disease surveyed in 1991. Analyses of correlation between disease development (Y) and single meteorological factors from January to June in 1991 at Ta-pang cultivation field revealed that the relationship between disease development and rainfall (X_1) or raining days (X_2) was significantly positive ($Y = 0.306 + 0.077 X_1$, $r = 0.982$; $Y = -5.85 + 2.273 X_2$, $r = 0.878$). Polynomial regression analysis showed that disease development was associated with temperature (X_3), relative humidity (X_4), rainfall and raining days ($Y = 4.042 + 0.028 X_1 - 0.246 X_3$, $r = 0.983$; $Y = 66.15 + 0.092 X_1 - 0.745 X_4$, $r = 0.989$; $Y = 0.182 + 0.076 X_1 + 0.036 X_2$, $r = 0.982$; $Y = 169.463 + 0.095 X_1 + 1.279 X_3 - 2.132 X_4$, $r = 0.998$; $Y = 104.914 + 0.081 X_1 + 0.742 X_2 - 1.212 X_4$, $r = 0.995$).

Key words: wasabi, streak disease, *Phoma wasabiae*, temperature, moisture.