養液栽培技術講習會專刊　第四輯　51～57, 1992

豌豆芽菜 (pea sprouts) 根腐病之發生與防治

林益昇・黃晉興*

前　言

芽菜爲終年可供應的蔬菜，國人較普遍食用綠豆芽，其次爲黃豆芽，及少數蠶豆芽。最近市場上也偶而出現外國人食用較多的蘿蔔嬰及苜蓿芽。鑑於國人對芽菜的喜愛，園藝試驗人員嘗試篩選若干新種芽菜，結果以豌豆芽菜 (*Pisum Sativum* L)（又稱豌豆苗或豌豆嬰）最受歡迎，並且已經濟化栽培，成爲本省新興芽菜產業。目前全省各地業者皆採用自澳洲進口之飼料豌豆 (Dundale pea)，在設施內終年栽培。其產品可分爲兩類：㈠先將種子泡水 6-12 小時，再用播種機平舖於盛有栽培介質的育苗盤（水稻育苗盤）上，強力打水，在保持高濕的環境下催芽，4 天後種子已發芽，並且長出幼莖，再移置室外蔭棚下，接受間接光線而綠化。每日澆水 2-3 次，待苗高 10-15 公分（在夏天需 4 天，在冬天需 8-10 天），即可自基部收割，其產品稱爲「綠芽」；另外㈡當豌豆種子平舖於育苗盤之後，即置於有遮蔭的金針菇寮的床架上催芽，培育至收穫，未經綠化過程，其產品稱爲「銀芽」。豌豆芽菜包含幼莖及嫩葉，不僅鮮美可口，且富維生素及礦物質。標榜爲清潔蔬菜，市場價格昂貴，尤其在梅雨及颱風季節，更能迅速穩定供應市場，頗具發展潛力。然而自 1990 年開始，作者於全省各豌豆芽菜農場發現一種不明病因的根腐病。初期會有部份種子發芽不良，種皮微泛黑色，在育苗盤上成點狀發生，然後發病面積迅速擴大，變成深黑色，豌豆苗因而矮化或停止生長，根部嚴重腐爛（圖一），罹病種子及幼苗常佈滿白色菌絲，農友將之稱爲「敗根病」或「白菇病」。該病害在夏天發生嚴重，在冬天稍見緩和，但仍使豌豆苗矮化，已成爲豌豆芽菜產業的限制因子。

豌豆芽菜根腐病之鑑定

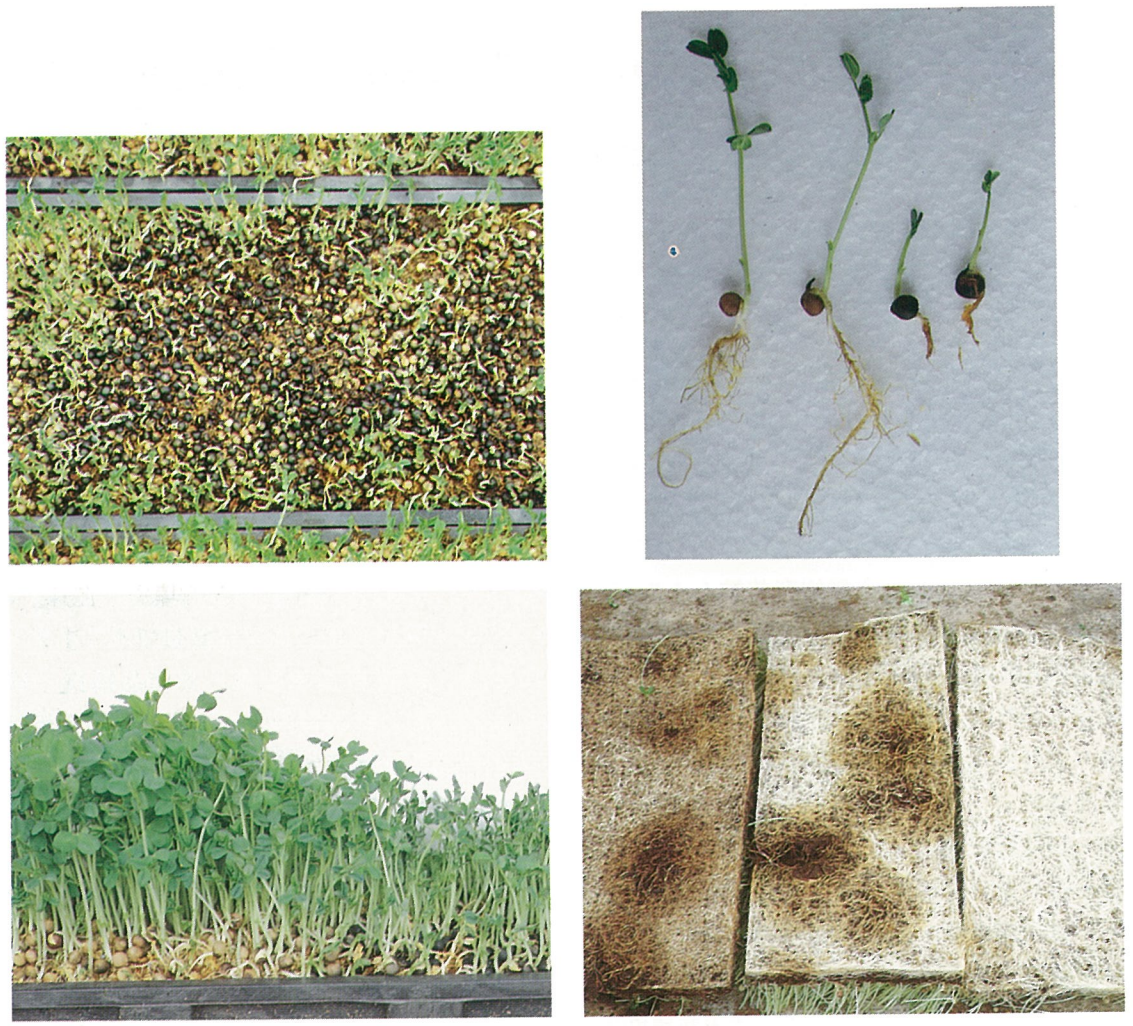
1.病原菌的分離：

作者曾多年從事田間豌豆病害研究，在本省引起豌豆種子腐敗，幼苗猝倒的根腐病菌計有 *Pythium* spp, *Rhizoctonia solani, Sclerotium rolfsii* 及 *Fusarium solani* f. sp. *pisi* 等。然而豌豆芽菜根腐病的情況或許不同，因爲豌豆芽菜是在設施內的無土栽培，農友使用的栽培介質馭雜，因而病因也可能複雜。作者赴各地農場採集收穫前和收穫後的罹病的或外表健康的標本，攜回實驗室洗淨根部，不經表面消毒，放在 2% 水瓊脂培養基上分離可疑病原菌。結果顯示從採收後的罹病植株分離得許多種類的眞菌，但是從採收前新鮮的罹病株，或外表健康的植株，僅只分離到 *Pythium* spp，在夏天是 *P. aphanidermatum*，在冬天則是 *P. ultimum*。

2.病原性測定：

將分離所得的 *P. aphanidermatum, P. ultimum* 和其他可疑衆多眞菌，分別培養於水瓊脂培養基上，再植入經 5.25% 次氯酸鈉和 95% 酒精溶液 (1:1) 表面消毒的豌豆種子，置 25°C，4 天。

* 國立中興大學植病系教授及研究生



圖一 豌豆芽菜根腐病

結果只有 *P. aphanidermatum* 和 *P. ultimum* 阻止根部生長，並引起根腐病徵。另外，將上述可疑病原菌培養於 V-8 蔬菜汁瓊脂培養基上 5 天，取出打碎當做接種源，加入木屑堆肥的介質內，在溫室 (23-32° C) 盆栽豌豆芽菜。結果仍然只有 *P. aphanidermatum* 和 *P. ultimum* 引起根腐病。從罹病株重新分離得該二病原菌。

由於豌豆芽菜因根腐病而死之，或被強剪收穫，收穫後即不再澆水而任其乾燥，對植株殘體造成極大的震撼。使其微生物相發生劇烈變化，長出許多腐生菌。因此，欲得病原菌，必須從新鮮的材料或者外表健康的植株才可分離得病原菌。經作者的分離與接種試驗證明 *P. aphanidermatum*和 *P. ultimum* 是豌豆芽菜根腐病的病原菌。

根腐病對豌豆芽菜產量的影響

於 1991 年 5 月，霧峰鄉林氏農友新設一個豌豆芽菜農場，作者每個月前往 2 次，定期調查豌豆芽菜根腐病的發生與產量的關係。調查方法乃逢機採取當天收穫的 30 盤芽菜樣品，並予以編號。在每盤之 2 條對角線上的 5 個定點，每點取樣 10 株，共 50 株豌豆苗。取樣後，分別收割

30 個育苗盤上之芽菜，並予以秤重，記錄產量。而逢機採取之 50 株樣本則攜回實驗室，調查其發病等級（0 級＝株高 9 cm 以上，1 級＝株高 6-9 cm，2 級＝株高 3-6 cm，3 級＝植高 3 cm 以下），並依下列公式計算樣品之發病度。再於水瓊脂上分離病原菌。

$$\text{發病度 (\%)} = \frac{n_0 \times 0 + n_1 \times 1 + n_2 \times 2 + n_3 \times 3}{N \times 3} \times 100\%$$

n_i＝各個發病等級的調查株數

N＝調查總株數

結果顯示該農場於設立後，馬上發生根腐病。到 8 月時，發病度高達 55%，產量僅爲 255 克／育苗盤。然後隨着溫度的下降，發病度亦下降，產量卻持續上升。發病度在 11 月以後降至 5% 以下，到 1992 年 2 月下旬稍爲回升；而產量也是在 2 月上旬最高，達到 750 克／育苗盤，然後於 2 月下旬又開始下降。這些現象和病原菌的出現率有關係，自 1991 年 8 月到 11 月，*P. aphanidermatum*的分離率一直維持在 80% 以上，爾後則急速下降，至 1992 年 2 月上旬降至 5% 以下。而另一病原菌，*P. ultimum* 則從 1992 年 1 月上旬才偶而分離得到，然後快速增加，到 2 月下旬，其分離率已高達 44%。本試驗仍繼續進行，但由上述結果已可看出一個輪廓，在夏天以 *P. aphanidermatum* 爲主要病原菌，而冬天則以 *P. ultimum* 爲主。前者更能引起產量的損失。

感染源的來源與傳播

一般設施內作物病害的接種源大約來自使用的器具與資材，包括種子與栽培介質；而且隨人員、車輛的進出，水、昆蟲及風吹塵土所傳播，茲就豌豆芽菜根腐病爲例，說明如下：

1.種子：

由於豌豆芽菜根腐病在全省各栽培場嚴重發生，無一倖免。尤其霧峰鄉林氏農場剛設立不久即遭受危害，令人懷疑感染源來自種子。據知農友乃使用自澳洲進口的 Dundale pea 屬於飼料用豌豆，品管很差，混雜有多種品種（系）。不同批的種子發生根腐病的嚴重程度差異很大。作者曾調查多批種子的帶菌率，卻無法從種子分離得 *Pythium spp*。經進一步分析發現發病嚴重的種子比較老舊，而且多破損，發芽時種子滲漏物 (seed exudate) 較多。由此證明本病害的初次接種源並非來自種子，但是不同批的豌豆種子的感受性有很大的差異。

2.水：

豌豆芽菜是在設施內的無土栽培，終年生產，不論是催芽或培育時期皆需大量水份，非常潮溼。而根腐病菌，*P. aphanidermatum* 和 *P. ultimum* 屬於水生菌，令人懷疑感染源來自使用水。但作者在多個農場進行採樣直接或誘釣方法皆無法分離得病原菌。證明接種源來自使用水的可能性很低。

3.栽培介質：

農友使用的栽培介質種類駁雜，包括稻殼、海綿、腐熟之木屑，或豌豆苗製作的堆肥，以及使用過的香菇、金針菇太空包之廢棄介質等。很可能混雜有病原菌，從各地農場取得的新鮮栽培介質分離病原菌的結果顯示，直接在選擇性培養基上只能分離到少量或者無法分離得病原菌，假如使用生物檢定方式，直接在新鮮介質上種植豌豆芽菜，則偶而會有根腐病發生，並不嚴重。又鑑於霧峰林氏農場使用的介質並無病原菌，但是剛設場不久即發生嚴重根腐病。結論是介質會污染病原菌，但一定還有其他來源的初次接種源。

4.塵土：

根腐病菌可以休眠形態在土壤裏存活甚久。而風吹塵土攜帶該些病原菌更是一些設施園藝作物根腐病的感染源。作者曾在水耕網室的尼龍網上收集到根腐病菌。因此收集霧峰林氏（新場）和楊氏（三年老場）農場的地面塵土，初步在培養基上卻分別測得 *P. aphanidermatum* 是675 和 276 propagules/g soil；而 *P. ultimum* 是 8.5 和 520 propagules/g soil。這種結果雖尚未直接證明塵土是初次感染源的來源，但從該二農場發生根腐病的情形有極大的關係，例如，在夏天時該二農場皆由 *P. aphanidermatum* 引起嚴重的豌豆芽菜根腐病，或許是塵土中的 *P. aphanidermatum* 含量高的緣故；而在冬天時，由 *P. ultimum* 引起的豌豆芽菜根腐病，在林氏新場並不嚴重，但在楊氏老場則非常嚴重，或許是該病原菌在前者地面塵土中的密度比後者爲低的緣故。

5.傳播：

上述栽培介質和塵土或許是豌豆芽菜根腐病的重要初次感染源，由於人員、車輛的進出，以及風吹塵土皆會傳播根腐病。但是，理論上僅是上述的初次感染源，初期不會使新設的農場造成太嚴重的病害。事實上，霧峰林氏農場新設不久即嚴重發生根腐病，一定有二次感染源使之迅速傳播。作者觀察放在上層床架之豌豆芽菜已嚴重發病，再持續澆水，使之流落至下層床架的豌豆芽菜上，卻也未見後者嚴重發病，並無相關性。充足的水份，高溼的環境，似乎只有使根腐病在同一個育苗盤內擴散傳播，甚少或者不會傳播感染另一育苗盤上之豌豆芽菜。作者再收集使用過之育苗盤，上面仍殘留有豌豆之細根及栽培介質（以下稱盤屑），在培養基上分離病原菌，並且在植物生長箱中重新種植豌豆芽菜，結果從盤屑分離得高量的根腐病菌，它會使芽菜嚴重發病。可見盤屑的根腐病菌是二次感染源，在農場裏形成一種惡性循環，造成根腐病迅速傳播，以至不可收拾。

防治方法

許多農場因本病害的嚴重發生，不敷成本而被迫放棄經營。據作者所知，當本病害初發生時，農友除向研究機關反應之外，亦求助於農藥商。私底下或許也使用一些消毒藥劑或農藥，卻效果不彰。其實在國內外對田間作物的 *Pythium* spp. 的防治方法很多，包括化學、栽培管理、抗病品種及生物防治等。但是豌豆芽菜卻是設施內的無土栽培，其生態與田間豌豆大異其趣，不能比照實施上述之防治方法，由於尚未進行防治試驗研究，僅提出本病害之防治策略，提供參考討論，以期獲得拋磚引玉之效。

1.化學防治：

在國外防治 *Pythium* spp. 常用化學藥劑，例如使用溴化甲烷和氯化苦薰蒸土壤，或使用愛樂生、Dexon、依得利、滅達樂等藥劑處理種子或土壤，都可達一定程度的防治效果。在豌豆芽菜上是否有效?!仍未得知。而且由於豌豆芽菜的生長期僅是短暫的 8-14 天，又標榜爲清潔蔬菜，絕對要避免使用農藥，因爲農藥殘留的問題太過冒險。如果業者堅持非使用農藥不可，只會得到未蒙其利，卻先受其害的苦果。

2.品種的選擇：

種子發芽時，會產生一些滲漏物 (exudates)，尤其豌豆種子發芽時，更會產生大量的醣類和氨基酸，與 *Pythium* spp. 的侵染大有關係。又有少數豌豆抗病品種的種皮外表含有 anthocyanine的成份，會產生抗生物質抵抗 *Pythium* spp.。目前農友使用的 Dundale pea 固然價格低廉，品質好，產量高，但它是非常感病的品種。建議園藝試驗人員再努力篩選符合經濟效益的抗病品

種。

3.栽培管理：

良好的栽培管理設計，要同時考慮作物與病原菌的生態特性，才有防治病害的效果。以豌豆芽菜需求大量水份而言，或許無法以控制水份的方法來減輕根腐病的發生。而是要研究如何杜絕初次或二次感染源的防治方法。例如塵土中含有大量感染源，或許可以噴洒一些化學藥劑於地面，或者重視環境衛生的方法來加以防治。盤屑是重要的二次感染源的來源，使用過的育苗盤必須時常澆洗與消毒。又如栽培介質的選擇與處理也是非常重要。有人使用的介質不含病原菌，有人使用的介質則含病原菌，對根腐病的發生有很大的差異。最近有人利用收穫後的豌豆芽菜殘體製做充份腐熟的堆肥，品質優良，不含病原菌。如果再添加一些拮抗物質或拮抗菌，或許會更有抑制效果。其實農友早已添加輕質碳酸鈣於栽培介質以提高 pH 值，只是無法防治根腐病，但是尋求適當添加物的想法是正確的，值得鼓勵。

4.生物防治：

最近生物防治方面有爆炸性的研究，不外乎使用一些拮抗微生物來防治各種作物根腐與猝倒病，其機制有寄生，抗生，及競爭等理論。可惜大都僅止於實驗室的結果，未能在田間廣泛使用。理由甚多，其中以㈠拮抗菌未能在田間土壤中維持長時間的拮抗能力，容易退化、消失；以及㈡市售種子處理藥劑可予防治，方法簡便，花費不多的二項理由最爲重要。很幸運的，後一個理由在豌豆芽菜栽培上根本不存在，因爲不可使用農藥。而前一個理由在豌豆芽菜根腐病的例子或許比較容易克服。因爲它是無土栽培，它的栽培日期短，拮抗菌所須作用的時間更短。作者曾經做一個實驗，當豌豆發芽生長 6 天之後，再感染 *P. aphanidermatum* 或 *P. ultimum*，則已不影響芽菜的產量。換句話說，拮抗菌保護豌豆芽菜的時間僅須 6 天而已，或許不用擔心拮抗作用之退化與消失。假如將來果眞篩選得適宜的拮抗菌，或許僅須添加到栽培介質，或是包夾於種皮上即可達到防治效果，有待大家共同努力。

參考文獻

1. 何偉眞、黃泮宮、林正雄 1990 豌豆豆芽菜生長之研究 設施園藝之研究與技術開發七十七及七十八年度研究成果報告 台灣省鳳山熱帶園藝試驗分所 p. 416-425。
2. 余振熒 1988 拮抗菌防治胡瓜猝倒病之研究 中興大學植病研究所碩士論文 46p。
3. 林美瑄 1988 豌豆種子活力對芽與植株生育之影響 中國園藝 34 (3): 199-210。
4. 林益昇 1986 豆類蔬菜之病害與防治 台灣省政府農林廳 農民淺說 364A-植保 21, 36 p。
5. 林益昇、羅朝村 1989 氰氧化鈣防治豌豆萎凋病之機制 中華農業研究 38 (3): 365-373。
6. 林益昇 羅朝村 1990 溫度影響 *Pythium aphanidermatum* 和 *P. spinosum* 對胡瓜根部之感染 中華植保會刊 32: 1-9。
7. 張喜寧 1986 新種芽菜之短根栽培育 中國園藝 32 (1): 54-60。
8. Callan, N. W., D. E. Mathre, and J. B. Miller. 1990. Bi0-priming seed treatment for bio-control of *Pythium ultimum* preemergence damping off in Sh2 sweet corn. Pl. Dis. 74: 368-372.
9. Cesar Escobar, M. K. Bente, and J. L. Lockwood. 1967. Possible importance of *Pythium* in root rot of peas. Phytopathology 57: 1149-1151.

10. Chant-Ho, Y. 1970. The effect of pea root exudate on the germination of *Pythium aphanidermatum* zoospore cysts. Can. J. Bot. 48: 1501-1514.
11. Cook, R. J. 1985. Biological control of plant pathogen: Theory to application. Phytopathology 75: 25-29.
12. Curl, E. C. 1982. The rhizosphere: Relation to pathogen behavior and root disease. Pl. Dis. 66: 624-630.
13. Elad, Y. and I. Chet. 1987. Possible role of competition for nutrients in biocontrol of Pythium damping-off by bacteria. Phytopathology 77: 190-195.
14. Flentji, N. T. and H. K. Saksena. 1964. Pre-emergence rotting of pea in south Australia. Aust. J. Bio. Sci. 17: 665-675.
15. Fravel, D. R. 1988. Role of antibiosis in the biocontrol of plant disease. Ann. Rev. Phytopath. 26: 75-91.
16. Hodges, C. F. and L. W. Coleman. 1985. *Pythium* induced root disfunction of secondary roots of Agrosis palustris. Pl. Dis. 69: 336-340.
17. Hoitink, H. A. J., and P. C. Fahy. 1986. Basis for the control of soilborne plant pathogens with composts. Ann. Rev. Phytopath. 24: 93-114.
18. Howard, R. J., R. G. Pratt, and P. H. Willams. 1978. Pathogenicity to carrots of *Pythium* species from organic soil of North America. Phytopaathology 68: 1293-1296.
19. Howell, C. R. and R. D. Stipanovic. 1980. Suppression of Pythium ultimuminduced damping-off of cotton seedling by *Pseudomonas fluorescens* and antibiotic pyoluteorin. Phytopathology 70: 712-715.
20. Huber, D. M., and R. D. Watson. 1965. Effect of organic amendment on soil-borne plant pathogens. Phytopathology 60: 22-26.
21. Keeling, B. L. 1974. Soybean seed rot and the reaction of seed exudate to host susceptibility. Phytopathology 64: 1445-1447.
22. Kraft, J. M. and D. C. Erwin. 1967. Stimulation of *Pythium aphanidermatum* by exudate from mungbean seed. Phytopathology 57: 866-868.
23. Kraft, J. M., W. A. Haglund, and T. P. Reiling. 1969. Effect of soil fumigants on control of pea root rot pathogens. Pl. Dis. Reptr. 53: 776-780.
24. Lin, Y. S., and C. T. Lo. 1988. Control of Pythium damping off and root rot of cucumber with SH mixture as soil amendment. Pl. Port. Bull. 30: 223-234.
25. Lin, Y. S., S. K., Sun, S. T. Hsu, and W. H. Hsieh. 1990. Mechanisms involved in the contol of soil borne plant pathogen by SH mixture. Pages, 249-259, in D. Hornby et al, eds. Biological Control of soil-borne Plant Pathogens. C. A. B. Int., Wallingford, Oxon, Ox 198 DE, UK, 477p.
26. Littrell, R. H., J. D. Gay, and H. D. Well, 1963. Chloroneb fungicide for control of *Pythium aphanidermatum* on several plants. Pl. Dis. Reptr. 53: 913-915.
27. Locke, J. C., G. C., Papavizas, J. A., Leuis, R. D., Lumsden, and J. G. Kantzes. 1983. Control of Pythium blight of snap beans by seed treatment with systemic fungicides. Pl.

Dis. 67: 974-977.

28. Papavizas, G. C., J. A. Lewis, and R. D., Lumsden, P. B., Adams, W. A. Ayers, and J. G. Kantzes. 1977. Control of Pythium blight on bean with ethazol and prothiocarb. Phytopathology 57: 1293-1299.
29. Papavizas, G. C. and R. D. Lumsden. 1980. Biological control of fungal propagules. Ann. Rev. Phytopath. 18: 389-413.
30. Schroth, M. N., and R. J. Cook. 1963. Seed exudates and its influence on pre-emergence damping off of bean. Phytopathoology 53: 670-673.
31. Stanghellini, M. E. and J. G. Hnacock. 1970. Radial extent of the bean spermosphere and its relation to behavior of *Pythium ultimum*. Phytopathology 61: 165-168.
32. Stanghellini. M. E. and W. C. Kronlane. 1986. Yield loss in hydroponically gorwn lettuce attribute to subclinical intection of feeder rootlet by *Pythium dossotocum*. Pl. Dis. 70: 1053-1056.
33. Stasz, T. E. et al.1980. Time and site of infection of resistance and susceptible germination pea seed by *Pythium ultimum*. Phytopathology 70: 730-733.
34. Wheeler, J. E. et al.1970. Comparative activity of Dexon and Terrazole against *Phytophthora* and *Pythium*. Phytopathology 60: 561.
35. Windel, C. E. and T. Konndahl. 1978. Factors afface *Penicillium oxalicum* as a seed protectant against seedling blight of pea. Phytopathology 68: 1656-1661.