結果與討論

青枯病菌學名原先定爲 Pseudomonas solanacearum，於 1992 年屬名改稱 Burkholderia spp.，1995 年再更改爲 Ralstonia spp.(Yabucchi et al. 1992；Yabucchi et al. 1995)。青枯病菌(Ralstonia solanacearum biovar 2)之菌量數目隨著土壤溫度之降低而呈下降趨勢(var Elsas et al. 2000)，此病菌喜高溫多濕，攝氏 28.6 – 29.7 度時，易感染寄主作物(Hsu, 1991)，溫度介於攝氏 28-36 度，蕹菜青枯病發生嚴重(黃等 2001)。在宜蘭縣礁溪地區，每年三月至十月，水生蕹菜植株易受青枯病菌感染，產生葉片失水且下垂現象，此時葉片尚呈翠綠狀，以小刀將罹病莖部縱切，維管束常呈褐化狀(圖三)，將褐化之維管束置於內含清水之透明玻璃杯中數分鐘，可觀察到罹病莖部傷口處湧出白色霧狀物，初步應可判斷此爲青枯病菌，若能以 SM1 與 TZC 選擇性培養基培養，再以 Biolog 系統鑑別法鑑定，更可確認病原。在礁溪地區罹病蕹菜植株，以 SM1 與 TZC 選擇性培養基(Schaad,1988；Tsai et al. 1985)進行病原菌分離，經 BUGM ™ 平板培養，以 Biolog 系統判別機進行鑑定，由二十二株細菌分離株中鑑定四株爲青枯病菌。

溫泉水生蕹菜（Ipomoea aquatica Forsk.）爲礁溪地區極具特色之本土性葉菜用作物之一，年採收次數 8-10 次，公頃年產值約四百萬元。近年來青枯病發生日益嚴重 (黃等 2001；邱、陳 2002) ，導致年採收次數降爲 3-5 次，造成農友收益減少，爲確保溫泉水生蕹菜正常生長及永續發展，確立青枯病菌是否爲主要病原，並瞭解此病菌特性，作爲阻斷青枯病菌(Ralstonia solanacearum)傳播途徑之依據。青枯病菌屬於細菌，在有水的適當環境增殖極快，易經由傷口感染，由此點觀之，其傳播途徑，初步判斷以刀具採收蕹菜時所殘遺之傷痕，最易導致青枯病菌之感染與傳播(Buddenhangen and kelman, 1964；kelman, 1953)。然而，水生蕹菜以刀具收穫後地上部的莖及地下部的根系必然造成傷口，種植蕹菜於第一次採收前，蕹菜植株生育良好，採收後由於植株根系及莖部均有傷口，再次生長發育的蕹菜植株，有罹患青枯病的情形發生，由此得知傷口確實是引起青枯病菌感染蕹菜植株的主要途徑，因此如何保護傷口，爲預防本病之重點，而噴施殺菌劑保護傷口應是預防青枯病菌侵入的策略之一。

蕹菜採收前降低栽植田水位並於採收後立即噴施 81.3%嘉賜銅混合可濕性粉劑（81.3% Kasugamycin + Copper oxychloride），能有效防治青枯病之發生(表一)，其原因可能爲蕹菜經採收後，所製造的植株傷口受藥劑噴施，具有直接抑制病原菌生長而降低植物病原菌的感染。在嘉賜銅藥劑配方中，Kasugamycin 是於 1963 年，由 Strptomyces cacaoi 分泌所產生之系統性藥劑，最初在日本應用在水稻稻熱病(Rice blast)之防治，而另一藥劑配方 Copper oxychloride 則應用在防治多種真菌性病害，如葡萄露菌病(Downy mildew of grape)，具有毒殺孢子並且呈非專一性的破壞菌體蛋白質的作用，但因銅離子極易造成植物細胞的死亡，而導致藥害，故施用此類型藥劑時需特別注意其濃度(Ware, 1993)。另外，銅劑噴施於葉表時，不易因雨水而沖刷掉，且易殘留在葉部表面並累積於土壤中，而有農業藥劑殘留之疑慮，如在美國佛羅里

達州，即發生柑橘植株因施用銅劑，多年累積於土壤中的銅，對柑橘植株產生藥害；相對的，此類型藥劑也有防治植物病害優勢，即較有機殺菌劑具有長期保護植物的功效(Ware, 1993)。

宜蘭縣礁溪地區水生蓯菜平均約一個月採收一次，且爲連續性採收，考量農業藥劑殘留於蓯菜植體及土壤等問題，目前並不鼓勵利用化學藥劑防治蓯菜青枯病，而以非農藥防治病害方式，即採收前三天降低栽植田水位於 2 公分以下，並於採收後，每分地栽植田灑施 100 公斤石灰，經 3-5 天後，將溫泉水灌入蓯菜田，維持水深 5-10 公分，直至採收前三日再降低栽植田水位，重覆上述田間管理工作，採用此方式能顯著防治蓯菜青枯病發生，成活率達 90-95 %以上(圖四)，並可提高蓯菜植株生長高度與節間長度(表二)，但對蓯菜莖部外表亮度及葉部葉綠素含量並無顯著性 (p=0.05) 差異存在(表三)；上述改良栽培管理法，與目前農民慣行法不同，其中最大不同點在於農友通常於採收時未降低水位至 2 公分以下，且採收後未施用石灰，若採收時未降低田間水位，易使青枯病菌經水傳播至傷口，直接侵入感染蓯菜植株，故採收前降低栽植田水位確實可直接降低蓯菜青枯病菌感染。至於採收後立即施用石灰，可直接保護莖部傷口免受青枯病菌的侵入，因石灰的主成分爲鈣離子，具有降低多種植物病原菌所引起的病害，如 Rhizoctonia、Sclerotium、 Botrytis、Fusarium 等病原菌，且鈣離子是植物細胞壁的成分，有強化植體、提高抗病性作用(Agrios, 1988；楊 1993)。鈣因可促進植株根系的生長環境(楊 1993)，有利蓯菜生長，故蓯菜節間長度與株高自然增加，惟鮮重並無增加，是否爲石灰施用劑量或其他因素影響，仍待進一步探討分析。溫泉水生蓯菜最大特色爲熱炒後口感甚佳，且莖部不易變黑，於降低蓯菜栽植田水位並添加石灰對莖部顏色無顯著差異存在，故此種非農藥防治青枯病的方式應可被農友及消費者接受。

栽植前施用 58%腐植酸，同時採收後立即施用含石灰成分物質能有效地防治青枯病之發生(表四)。腐植酸(humic acid)是腐植質(humic substances)中的一種酸，能溶於鹼液，但不溶於強酸(pH 1)液，腐質酸主成分是種類繁多酚類聚合物所組成，其形成方式主要經由殘體分解的產物中，由微生物酵素合成作用或土壤催化作用而形成的聚合物，其顏色較深，具親水性且呈酸性，可增加鈣、磷及鐵的有效性，並增加土壤離子交換能力(cation exchange capacity)及保肥力，間接對植株生長有益(楊 1988)，由此推論添加 58%腐質酸鉀能有效地降低其病害發生率。氰氮化鈣是一種農藥肥料(pesticidal fertilizer)，兼具農藥與肥料功效(鍾 2001)，施用此物質能有效地抑制蓯菜青枯病發生率(表四)。未來將探討不同比例腐質酸對蓯菜生長及青枯病防治率及腐質酸對青枯病菌之抑菌作用進行相關試驗，期能更了解腐質酸的應用效果。



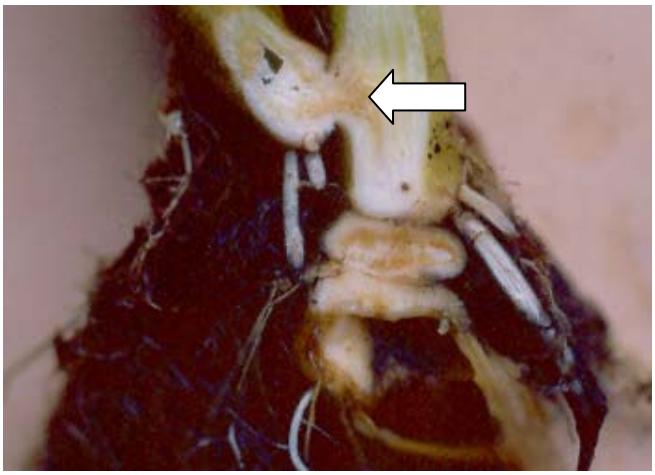
圖一、蕹菜受青枯病菌感染，葉部呈現萎凋現象

Fig. 1. Leaf wilt of water convolvulus caused by Ralstonia solanacearum



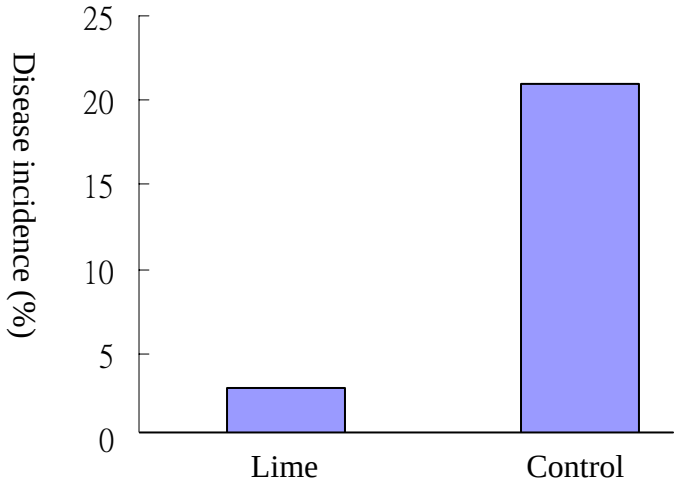
圖二、蕹菜受青枯病菌感染，植株呈現枯死現象

Fig. 2. Death of water convolvulus caused by Ralstonia solanacearum



圖三、蕹菜罹患青枯病其植株莖部維管束出現褐化情形

Fig. 3. Vascular browning caused by Ralstonia solanacearum on stem of water convolvulus



圖四、施用石灰對溫泉蕹菜青枯病防治效果

Fig 4. Effect of lime application on incidences of bacterial wilt of water convolvulus

表一、不同殺菌劑種類對蕹菜青枯病防治率之影響

Table 1. Effects of fungicides on incidences of control bacterial wilt of water convolvulus in the fields

Treatment[1]	Disease incidence (%)
Streptomycin + Oxytetracycline （16.5%鏈土黴素可濕性粉劑）	7 [2] ab[3]
Tribasic copper sulfate （27.12%三元硫酸銅水懸劑）	11 a
Kasugamycin + Copper oxychloride （81.3%嘉賜銅可濕性粉劑）	4 b
Thiophenatemethyl + Streptomycin	8 ab

（68.8%多保鏈黴素可濕性粉劑）		
Streptomycin	12	a
（12.5%鏈黴素溶液）		
Control	10	a
（對照組）		

1. Pesticides were applied onto fields of convolvulus for 2 times（7 days / interval）. Fourteen days after the last application, the disease incidence of each treatment was recorded.
2. Mean was the average of two tests. Each treatment of one test consisted of four replications, 100 plants / replication.
3. Data in the same column followed by different letters were significantly (p = 0.05) different by Duncan's new multiple range test.

表二、石灰對蕹菜莖部節間長度與植體鮮重及株高之影響

Table 2. Effect of lime on the length of stem internodes, fresh weight and plant height of water convolvulus

Treatment	Internodes length (cm)	Fresh weight (g)	Plant height (cm)
Lime	4.98[1] a[2]	5.90 a	35.35 a
Control	4.26 b	5.30 a	26.00 b

1. Mean was the average of two tests. Each treatment of one test consisted of four replications, 100 plants / replication.
2. Data in the same column followed by different letters were significantly (p = 0.05) different by Duncan's new multiple range test.

表三、石灰對蕹菜莖部顏色及葉部所含葉綠素之影響

Table 3. Effect of lime on color of stem and leaf chlorophyll of water convolvulus

Treatment	Stem of L[1]	Stem of a[1]	Stem of b[1]	Chlorophyll index
Lime	63.56[2]a[3]	-16.75 a	33.21 a	35.24 a
Control	63.69 a	-16.45 a	33.02 a	35.44 a

1. L is white light color, a is red green color and b is yellow blue color.
2. Mean was the average of two tests. Each treatment of one test consisted of four replications, 25 plants / replication.
3. Data in the same column followed by different letters were significantly (p = 0.05) different by Duncan's new multiple range test.

表四、土壤添加物對蕹菜青枯病發生率與植株生長之影響

Table 4. Effect of soil amendment on disease severity and plant growth of water convolvulus

Treatment	Disease incidence(%	Plant height (cm)	Fresh weight (g)	Internodes length (cm)

	)			
Humic acid potassium salt (58%腐植酸鉀)	0[1] c[2]	21.2 a	12.7 a	5.6 a
Calcium cyanamide (57%氰氮化鈣)	0.4 c	15.6 b	9.5 b	5.3 a
Calcium magnesium 48.5%鈣鎂肥	6 a	12.5 c	9.3 b	5.1 a
Control (對照組)	3.4 b	13.2 c	10.4 b	5.2 a

1. Mean was the average of four replications, 25 plants / replication, repeated twice.
2. Data in the same column followed by different letters were significantly ($p = 0.05$) different by Duncan's new multiple range test.