

## 葉面施鈣對結球白菜頂燒病之影響

林 宇 容<sup>1)</sup> 林 慧 玲<sup>2)</sup>

關鍵字：結球白菜、葉面噴鈣、頂燒病、新葉缺鈣

**摘要：**結球白菜(*Brassica campestris* L. ssp. *pekinensis*)為重要十字花科蔬菜，頂燒病為其好發之生理障礙，前人研究指出其為新葉缺鈣所造成，且發生時常併發軟腐病，嚴重影響結球白菜產量及品質。本研究以葉面施不同鈣源，探討鈣是否可有效增加內葉鈣濃度及減少結球白菜頂燒病罹病程度。罹患頂燒病之結球白菜內葉氮、鈣、鉀、鎂及錳濃度皆顯著較健康植株低，鈣濃度僅為健康植株之42%，磷、硼及鋅濃度則於罹病植株內較高。使用0.01 M 氯化鈣、硫酸鈣及乳酸鈣每週噴施兩次之頻率，皆無法有效增加內葉鈣濃度及降低頂燒病，但0.01 M 氯化鈣處理組相較於對照組降低了20%軟腐病球數，而硫酸鈣處理則顯著增加結球中心磷、鐵、鋅、銅及硼濃度，乳酸鈣則顯著降低結球周徑，總結本研究之葉面施鈣對降低頂燒病之罹病程度及增加內葉鈣濃度並無顯著效果。

### 前 言

結球白菜(*Brassica campestris* L. ssp. *pekinensis*)為台灣重要十字花科結球葉菜類，栽培過程中好發頂燒病，嚴重影響品質及產量。多數研究皆指出新葉缺鈣為誘發頂燒病之主因(Borkowski *et al.*, 2016; Cresswell, 1991; Everaarts and Blom-Zandstra, 2001; Tachibana, 1991)，並時常伴隨細菌性軟腐病感染，導致結球白菜中心葉葉緣焦枯及水浸狀進而導致腐爛，其為不可逆之生理障礙並伴隨病害，且病徵不易觀察結球葉菜類必需剖半才可察覺(Olle and Bender, 2009)。除缺鈣因素以外，光強度、氣溫及濕度及通風等環境因子皆可能誘發頂燒病，其並非單一因子所造成，是為結球白菜夏季栽培之困境導致菜農嚴重損失，必需轉作其它替代作物來平衡收益，如何有效降低頂燒病之發生為本研究探討重點。

葉面施肥可將礦物營養元素透過表皮細胞外聯絡絲和氣孔運輸進入葉肉細胞，為直

---

1) 國立中興大學園藝學系碩士班研究生。

2) 國立中興大學園藝系教授，通訊作者。

接且迅速之補充植物體內元素之方式，減少元素在土壤被固定而無法順利吸收之問題(蔣，2018)，鈣為運移相當緩慢且容易被螯合之元素，多推薦以葉面施肥方式進行補充，而施用鈣源種類及濃度與作物品種皆會影響其吸收及運移效果(Silva Felix *et al.*, 2017)。

本研究主要目的為利用不同種鈣源，探討其對提高結球白菜內葉鈣濃度效果及降低結球白菜頂燒病與軟腐病發生之效果，同時探討其對結球白菜生長發育之影響，期許可提供結球白菜栽培及夏季頂燒病預防及減緩之參考，降低損耗。

## 材料與方法

### 一、試驗材料

#### (一) 植物材料及栽培方式

本試驗之結球白菜品種為'新 28 包心白菜二號'一代交配種(明華種子有限公司)及'包白 47 號'(彰化縣清木種子行)提供。栽培過程中'新 28 包心白菜二號'皆使用 Pletracom Peatoms 有機栽培介質 7-03(拓治有限公司)之培養土，'包白 47 號'則使用 Potgrond H 有機栽培介質 7-02(綠誼股份有限公司)之培養土，以固定 4 L 體積之培養土填於 72 格穴盤內，每穴播種一粒種子進行育苗，約一個月後將幼苗移植至 10 L 或 58 L 的塑膠盆器。試驗皆於國立中興大學溫室內進行，固定澆水以慣行栽培法栽培至結球。

#### (二) 鈣源使用之種類及配製

試驗中使用三種鈣源分別為硫酸鈣  $\text{CaSO}_4$  (Calcium Sulfate;賜你棒 Cell-Bine 白石鈣株式會社  $\text{CaO}$  37%、全硫 S 11.5%)、氯化鈣  $\text{CaCl}_2$  (Calcium Chloride, anhydrous 片山試藥株式會社，95%)、乳酸鈣  $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_6\text{Ca} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  (Calcium Lactate;向富實業製造 FC-006，99.2%)。三種鈣源皆以純水配製濃度為 0.01 M，使用前搖晃均勻。

### 二、試驗方法

#### (一) 健康及罹患頂燒病之結球白菜內葉營養元素分佈

'新 28 包心白菜二號'品種之結球白菜以一般栽培至結球採收後區分健康植株及出現明顯頂燒病病徵之植株，當次頂燒病罹病程度為第 3 級(如圖 1)，分別取其內葉進行分析營養元素。取樣方式由每株結球白菜取四片最靠近結球中心之內葉作為一重複，健康植株及罹病植株組皆為九重複。

#### (二) 不同鈣源葉面噴施處理試驗

於 2017 年 10~12 月進行試驗，播種'包白 47 號'種子，育苗一個月後移植至填滿培養土之 10 L 黑軟盆，隔週開始處理。以純水配製 0.01 M 氯化鈣、乳酸鈣、硫酸鈣，使用手持噴霧器均勻噴施結球白菜最外一輪五片成熟葉片之葉面及葉背，處理期間澆水皆避開葉片，以水作為對照組。噴施頻率為每週兩次，共處理七週至結球採收，採前一週不進行處理，採收後調查頂燒病和軟腐程度、生育性狀及葉片元素分析。葉片營養元素測定由結球

中心至外葉進行分析，取樣方式以結球中心自成一組(平均約 8 cm 長)，剩餘葉片依序由內向外排序(如圖 2)，每株結球白菜以四片葉片為一組進行取樣，分為中心、內葉、中間葉、外葉共四組，一株結球白菜為一重複，每處理共四重複，而生育性狀調查每處理皆為五重複。

### 三、調查項目及分析方法

#### (一) 葉片營養元素分析

##### (1) 元素分析前處理

先將葉片以自來水沖洗乾淨，接著配置 1% HCl，葉片於 1% HCl 涮洗 30 秒，再以過濾之純水快速沖洗三次，葉片稍微擦乾放入牛皮紙袋內，以 100°C 烘 1 小時殺菁，再以 70°C 烘至水分完全去除之乾燥狀，使用磨粉機將葉片樣品分別磨至細粉狀，裝入硫酸紙袋內於乾燥處儲藏，秤重前烘乾 24 小時確保水分完全去除。

##### (2) 灰化液製備

精秤 0.5 g 樣品於坩鍋內以高溫灰化爐進行灰化，灰化完畢冷卻後加入 5 mL 2N HCl，以 90 mm Whatman #42 濾紙進行過濾，並以純水定量至 25 mL，即為灰化液。

##### (3) 氮之測定

分析參考 Micro-Kjeldahl 法(Cunniff, 1995)，精秤 0.2 乾燥樣品粉末，將其包於 Whatman #1 濾紙內，添加 1 g 凱氏氮催化劑(Selenium reagent mixture)及 4.5 mL 濃硫酸，以 410°C 進行分解一個半小時，冷卻後加入 15 mL 純水。接著使用 Micro-Kjeldahl 裝置，將樣品倒入燒氮瓶並加入 20 mL 12 N NaOH，以裝有 20 mL 凱氏氮指示劑之塑膠杯裝取蒸餾冷凝出之氨水，待其溶液達 50 mL，以 1/14 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 作為標準酸滴定，記錄滴定值換算氮濃度，單位以百分比(%)表示。

##### (4) 磷之測定

以 50 ppm 之磷標準液配置 0~40 ppm 五個濃度作減量線時使用。取 1 mL 灰化液加 3 mL 純水與 1 mL 鉬黃試劑混合並反應 30 min，反應完成後每個樣品分別取 20 μL 於 96 孔盤，以 ELISA reader (FLUO star omega) 於波長 470 nm 下測定樣品吸光值。

##### (5) 營養元素之測定

使用偏光茲曼原子吸收光譜(Series polarized zeem atomic absorption spectrophotometer, Model Z-2000, Hitachi Japan)讀取灰化濾液之吸光值，分別測定 Ca、K、Mg、Fe、Mn、Zn 及 Cu 元素。鈣元素須稀釋適當倍率後加入 1 mL 氧化鑷反應 15 分鐘後在測定吸光值，各元素測定出配置好之標準品在與測得樣品之吸光值對照即可計算出元素之濃度，大量元素以%表示，微量元素以 ppm 表示。

##### (6) 硼之測定

以 100 ppm 之硼標準液配置 0~5 ppm 濃度作減量線時使用。取 0.2 mL 的灰化液及標準液加入 0.4 mL buffer-masking 以 vortex 均勻混合後，再加入 0.2 mL azomethine-H reagent 混合並反應 1 小時，反應完成後每個樣品分別取 20 μL 於 96 孔盤，以 ELISA reader (FLUO

star omega) 於波長 420 nm 下測定樣品吸光值。

### (二) 頂燒病罹病程度調查

以結球白菜罹患頂燒病與出現軟腐情況之病徵自訂罹病指數標準，分為 0~5 分五個級數(圖 1)，結球白菜採收後均以下標準紀錄植株罹病情況。頂燒病罹病程度級數: 0-健康無病害之結球白菜；1-葉緣出現捲曲及部分斑點；2-少數葉片葉緣出現葉緣捲曲及焦枯；3-多數葉片嚴重焦枯捲曲，中心未出現腐爛；4-少數葉片出現輕微焦枯但有腐爛出現；5-多數葉片焦枯且中心嚴重腐爛。採收後以上述分級標準去紀錄結球白菜其罹病嚴重程度。

### (三) 結球白菜生育性狀調查

- (1) 外葉數: 結球其外層未黃化枯萎之成熟葉數量。
- (2) 總葉數: 整株結球白菜之葉片總數，其中心無法剝除之葉片不列入計算。
- (3) 總鮮重: 取清洗乾淨之結球白菜地上部及地下部秤取其總重量，以克(g)為單位。
- (4) 球鮮重: 秤取剝除外葉後具商品價值之結球重量，以克(g)為單位。
- (5) 根鮮重: 取洗淨之地下部秤取其重量，以克(g)為單位。
- (6) 根乾重: 洗淨之地下部於 70°C 下烘至水分完全去除，秤取其重量，以克(g)為單位。
- (7) 球長: 測量結球基部至頂端的長度，以公分(cm)為單位。
- (8) 球寬: 測量結球最寬橫徑的長度，以公分(cm)為單位。
- (9) 球周徑: 測量結球最寬處的圓周徑，以公分(cm)為單位。



圖 1. 結球白菜頂燒病罹病指數分級。

Fig. 1. Chinese cabbage disease severity index level.



圖 2. 結球白菜葉片由結球中心至外葉取樣排序方式。

Fig. 2. Sampling method from center head to outer leaf in Chinese cabbage leaves.

## 結 果

### 一、健康及罹患頂燒病植株內葉元素分佈差異

試驗將同時栽培的結球白菜區分為健康植株及明顯罹患第3級頂燒病植株，取內葉進行營養元素分析，結果顯示大量元素中(表1)鈣及鎂元素濃度於罹病植株內葉皆顯著低於健康植株，鈣及鎂濃度僅有健康植株內葉濃度之42%及50%。而氮及磷元素則於罹病組內葉濃度會顯著高於健康植株組，鉀濃度則於健康植株及罹病植株間無顯著差異。氮鈣比率則以罹病植株內葉顯著較高，鈣硼比則顯著較低。

微量元素部分(表2)，鐵及銅濃度在兩組間均無顯著差異，而於健康植株組之錳元素濃度會顯著高於罹病組，但鋅及硼元素濃度於健康植株內葉會顯著較高。則鈣、鎂及錳元素濃度皆因罹患頂燒病而明顯較低，但氮、磷、鋅及硼元素濃度則於罹患頂燒病內葉呈現較高。

表1. 健康及罹患頂燒病之結球白菜其內葉大量元素濃度之差異。

Table 1. Different of macronutrients in health and tip burn Chinese cabbage.

Type <sup>z</sup>	Macronutrients concentration (%)					ratio	
	N	P	K	Ca	Mg	N/Ca	Ca/B
Normal	3.03 b <sup>y</sup>	0.79 b	1.11 a	2.97 a	0.83 a	1.13 b	0.10 a
Disease	3.76 a	0.94 a	2.22 a	1.26 b	0.42 b	3.31 a	0.03 b

<sup>z</sup> Normal : non-tip burn plant, Disease : Tip burn plant.

<sup>y</sup> Means within the column followed by the same letter are not significantly different by LSD test at  $P \leq 0.05$ .

### 二、葉面噴施不同鈣源對葉片元素分佈之影響

'包白47號'以0.01 M 氯化鈣、硫酸鈣及乳酸鈣每週噴施兩次之頻率處理結球白菜外葉對頂燒病之影響(表3)。頂燒病總葉數及罹病程度皆以硫酸鈣處理組最高，但三種鈣源處理皆無顯著降低頂燒病之效果。各處理組皆有軟腐病發生，以乳酸鈣處理組之軟腐病發之球數最高，達總數之80%，相較對照組高出20%，而軟腐病球數最少則為氯化鈣處理組，僅總數40%並未過半數。

表 2. 健康及罹患頂燒病之結球白菜內葉微量元素濃度之差異。

Table 2. Different of micronutrients in health and tip burn Chinese cabbage.

Type <sup>z</sup>	Micronutrients concentration (ppm)				
	Fe	Mn	Zn	Cu	B
Normal	63.8 a <sup>y</sup>	57.2 a	46.3 b	5.8 a	31.4 b
Disease	65.9 a	32.9 b	67.4 a	6.0 a	39.1 a

<sup>z</sup> Normal : non-tip burn plant, Disease : Tip burn plant.

<sup>y</sup> Means within the column followed by the same letter are not significantly different by LSD test at  $P \leq 0.05$ .

表 3. 不同鈣源噴施處理對結球白菜(品種:'包白 47 號')頂燒病及軟腐病之影響。

Table 3. Effect of different calcium form spraying treatment on tip burn and soft rot of Chinese cabbage.

Treatments <sup>z</sup>	Outer leaf number	Total leaf number	Tip burn leaf number	Disease severity	Soft rot head
Control	6.6 a <sup>y</sup>	15.5 ab	1.6 a	3.5 a	3/5
CaCl <sub>2</sub>	6.0 a	14.8 b	0.4 a	3.0 a	2/5
CaSO <sub>4</sub>	6.6 a	15.0 b	2.0 a	4.3 a	3/5
Lactate-Ca	7.2 a	16.0 a	1.4 a	3.8 a	4/5

<sup>z</sup> Control is only spray water.

<sup>y</sup> Means within the column followed by the same letter are not significantly different by LSD test at  $P \leq 0.05$ .

調查處理後各項生育性狀之變化(表 3 及表 4)。三種鈣源處理組之外葉數、總鮮重、球鮮重、根鮮乾重及球長寬與對照組皆無顯著差異，僅乳酸鈣處理組之球徑會顯著較其它組低，而氯化鈣及硫酸鈣處理組之結球白菜總葉數會顯著較對照組少。

由結球中心至外葉分為 4 個葉位元素分析之結果。大量元素中(表 5)結球白菜葉片鈣濃度以不同鈣源噴施處理後皆無顯著提升，而氮、鉀、鎂濃度同樣於各處理組均無顯著變化。但結球中心之磷元素濃度於硫酸鈣處理組顯著增加。微量元素(表 6)其鐵、鋅、銅及硼元素於硫酸鈣處理後結球中心濃度皆顯著增加，而乳酸鈣處理組之內葉銅元素也顯著較對照組高。錳元素濃度則於乳酸鈣處理組外葉層顯著減少，但其它處理組間皆無顯著差異。

表 4. 不同鈣源噴施處理對結球白菜(品種:'包白 47 號')生育性狀之影響。

Table 4. Effect of different calcium form spraying treatment on growth characteristics of Chinese cabbage.

Treatments <sup>z</sup>	Fresh weight (g)			Dry weight (g)	Head characteristics(cm)		
	total	head	root	root	length	width	circumference
Control	710.2 a <sup>y</sup>	469.2 a	13.7 a	1.1 a	16.0 a	9.4 a	31.5 a
CaCl <sub>2</sub>	521.1 a	351.6 a	14.1 a	1.2 a	14.9 a	8.2 a	27.6 ab
CaSO <sub>4</sub>	712.3 a	481.7 a	16.3 a	1.3 a	16.8 a	9.3 a	31.4 a
Lactate-Ca	554.9 a	356.2 a	14.3 a	1.3 a	15.8 a	8.3 a	26.5 b

<sup>z</sup> Control is only spray water.

<sup>y</sup> Means within the column followed by the same letter are not significantly different by LSD test at  $P \leq 0.05$ .

表 5. 不同鈣源處理對結球白菜(品種:'包白 47 號')葉片大量元素濃度之影響。

Table 5. Effect of different calcium form spraying treatment on macronutrients concentration of Chinese cabbage.

Treatments <sup>z</sup>	Leaf position	Macronutrients concentration (%)				
		N	P	K	Ca	Mg
Control	center	1.59 bc <sup>y</sup>	0.60 def	2.58 ef	0.40 bcd	0.16 bcd
	inner	1.53 bc	0.67 bcdef	2.91 def	0.47 bcd	0.17 bcd
	middle	1.64 bc	0.72 abcd	3.15 cdef	0.56 bcd	0.18 bcd
	outer	1.94 ab	0.79 abc	3.91 abcd	0.76 ab	0.25 abc
CaCl <sub>2</sub>	center	1.59 bc	0.57 ef	2.85 def	0.41 bcd	0.17 bcd
	inner	1.52 bc	0.54 f	2.50 ef	0.30 d	0.12 d
	middle	1.63 bc	0.70 bcde	3.34 bcdef	0.48 bcd	0.17 bcd
	outer	1.83 abc	0.82 ab	4.51 ab	0.74 abc	0.25 ab

<sup>z</sup> Control is only spray water.

<sup>y</sup> Means within the column followed by the same letter are not significantly different by LSD test at  $P \leq 0.05$ .

續表 5. 不同鈣源處理對結球白菜(品種:'包白 47 號')葉片大量元素濃度之影響。

Table 5. Effect of different calcium form spraying treatment on macronutrients concentration of Chinese cabbage.

Treatments <sup>z</sup>	Leaf position	Macronutrients concentration (%)				
		N	P	K	Ca	Mg
CaSO <sub>4</sub>	center	1.94 ab	0.80 abc	3.62 abcde	0.53 bcd	0.22 abcd
	inner	1.68 bc	0.67 cdef	2.95 def	0.41 bcd	0.15 cd
	middle	1.93 ac	0.71 abcde	3.44 abcdef	0.55 bcd	0.19 bcd
	outer	2.34 a	0.85 a	4.68 a	0.93 a	0.30 a
Lactate-Ca	center	1.39 c	0.54 f	2.26 f	0.37 d	0.14 d
	inner	1.41 c	0.60 def	2.65 def	0.39 cd	0.14 d
	middle	1.37 c	0.63 def	4.42 abc	0.44 bcd	0.13 d
	outer	1.42 bc	0.69 bcde	3.04 def	0.61 abcd	0.22 abcd

<sup>z</sup> Control is only spray water.

<sup>y</sup> Means within the column followed by the same letter are not significantly different by LSD test at  $P \leq 0.05$ .

表 6. 不同鈣源處理對結球白菜(品種:'包白 47 號')葉片微量元素濃度之影響。

Table 6. Effect of different calcium form spraying treatment on micronutrients concentration of Chinese cabbage.

Treatments <sup>z</sup>	Leaf position	Micronutrients concentration (ppm)				
		Fe	Mn	Zn	Cu	B
Control	center	36.8 c <sup>y</sup>	14.7 de	40.7 bc	1.1 bcd	33.5 c
	inner	40.1 bc	16.2 bcde	44.4 bc	1.1 bcd	30.9 c
	middle	41.1 c	18.1 abcd	45.2 bc	2.0 abc	42.1 c
	outer	46.9 abc	22.9 a	50.4 abc	1.5 abcd	89.7 ab

<sup>z</sup> Control is only spray water.

<sup>y</sup> Means within the column followed by the same letter are not significantly different by LSD test at  $P \leq 0.05$ .



續表 6. 不同鈣源處理對結球白菜(品種:'包白 47 號')葉片微量元素濃度之影響。

Table 6. Effect of different calcium form spraying treatment on micronutrients concentration of Chinese cabbage.

Treatments <sup>z</sup>	Leaf position	Micronutrients concentration (ppm)				
		Fe	Mn	Zn	Cu	B
Control	center	36.8 c <sup>y</sup>	14.7 de	40.7 bc	1.1 bcd	33.5 c
	inner	40.1 bc	16.2 bcde	44.4 bc	1.1 bcd	30.9 c
	middle	41.1 c	18.1 abcd	45.2 bc	2.0 abc	42.1 c
	outer	46.9 abc	22.9 a	50.4 abc	1.5 abcd	89.7 ab
CaCl <sub>2</sub>	center	49.6 abc	13.9 de	50.4 abc	1.6 abcd	41.4 c
	inner	45.8 bc	13.1 de	44.2 bc	1.5 abcd	42.3 c
	middle	45.6 bc	17.7 abcd	50.1 abc	1.6 abcd	44.3 bc
	outer	45.3 bc	21.6 ab	52.9 ab	1.5 abcd	66.3 abc
CaSO <sub>4</sub>	center	61.0 a	18.0 abcd	58.4 a	2.4 a	95.0 a
	Inner	47.2 abc	13.5 de	44.8 bc	0.6 d	34.2 c
	middle	45.7 bc	15.2 de	48.9 abc	0.7 cd	34.5 c
	outer	53.0 ab	21.1 abc	51.3 abc	1.5 abcd	43.5 bc
Lactate-Ca	center	35.9 c	12.0 e	42.0 bc	1.6 abcd	28.8 c
	inner	37.3 c	11.7 e	40.6 bc	2.5 a	39.4 c
	middle	34.7 c	12.7 de	39.8 c	2.1 ab	43.5 bc
	outer	40.0 bc	15.9 cde	42.6 bc	1.4 abcd	44.6 bc

<sup>z</sup> Control is only spray water.

<sup>y</sup> Means within the column followed by the same letter are not significantly different by LSD test at  $P \leq 0.05$ .

## 討 論

Wiebe 等(1977)指出同為結球葉菜類之甘藍鈣元素分佈同樣由外葉濃度為最高並依葉片順序向內至結球中心遞減，且外層葉片鈣濃度可高達 7.0%，但結球中心鈣濃度僅 0.3%。而前人研究分析甘藍葉片鈣元素濃度明顯由葉肋向葉緣遞減(Wiebe *et al.*, 1977)，結球白菜內葉也有類似情形且內葉葉緣鈣濃度會明顯較外葉及內葉其它部位更低(Kuo *et al.*, 1981)。鎂為組成葉綠素重要元素之一，主功能為促進光合作用進行(柯，2004)，而結球白菜多靠

外葉行光合作用，鎂元素之分佈相當合理。而硼主要透過細胞壁、細胞膜及蛋白質生合成間作用參與了鋅元素的吸收及運輸，也間接影響根系活力及含氮物質的運輸(Loomis and Durst, 1992)，而 Crisp 等(1976)假設了萵苣發生頂燒病與鈣及硼元素缺乏引起之交互作用有關，Kuo 等(1981)則指出缺硼會增加頂燒病病徵之表現。

Maruo 及 Masahumi 等(2016)指出新葉葉緣為易發生缺鈣之部位，因新葉之葉面積及蒸散作用皆較成熟葉小，則對鈣之競爭能力明顯較差，而引發缺鈣之主因與植物細胞需求量與根域供給量不平衡有關，鈣主要功能為穩固細胞壁結構及作為維持細胞功能的重要傳訊者，若缺乏則易引起細胞壞疽或死亡。Borkowski 等(2016)研究表示結球白菜誘發頂燒病與新葉鈣濃度偏低、栽培期間水分供給不足及環境高溫等因素相關，本試驗則取健康及罹患頂燒病結球白菜內葉進行營養元素分析，其鈣、鎂及錳於罹病植株濃度皆顯著低於健康植株，且罹患頂燒病之植株內葉鈣濃度僅為健康植株得 42%，證實頂燒病與內葉鈣偏低相關，並與 Barta(1986)分析萵苣新葉鈣濃度結果相似。結果呼應了前人研究中 Wiebe 等(1977)指出頂燒病好發於植物鈣濃度最低之部位，及 Hawkesford 等(2012)指出植物內生長快速的組織易發生缺鈣相關之生理障礙，加速組織衰老及微生物感染機之會導致損失(Hawkesford *et al.*, 2012)。氮、磷、鋅及硼元素濃度則於罹病植株內葉濃度會顯著較健康植株高，並且氮與鈣於兩組間濃度皆呈負相關，健康植株內葉氮鈣比遠高於罹病植株。前人研究也表示氮鈣元素間會有相互拮抗情形，當 N/Ca 比值越高則越容易發生頂燒病(吉, 2005)，符合本研究結果罹病植株內葉之氮鈣比值確實遠高出健康植株。陳等(1996)研究指出過量施用化學肥料或銨態氮肥容易誘發甘藍之頂燒病及內腐病，主因為氮濃度增加時會促進植株地上部生長，但同時抑制了根系生長導致根部吸收元素量相對減少，當地上部進入快速生長期時鈣需求量增加卻無法即時供應足量則易發生缺鈣相關生理劣變(Hansen, 1973)。而試驗中硼濃度反於罹病植株內顯著增加，鈣硼比值僅為健康植株的 30%，則在此部份兩元素則呈反比。研究推測硼與鈣皆可能為影響頂燒病發之因子，而硼可能透過影響生長素(auxin)代謝使頂燒病加劇嚴重，而非透過影響植物組織內鈣濃度之方式(Crisp *et al.*, 1976)，而鈣與硼元素間的分佈關係在本結果中並無看出交互作用。

Marschner(2011)提出高鈣濃度的植物組織與其抗病性相關，可利用鈣為連接細胞壁果膠間重要鍵結，減少致病菌衍生之果膠分解酶降解植物細胞壁之成分。以外源施鈣方式降低頂燒病之相關研究已有不少(Corriveau *et al.*, 2012; Guerra *et al.*, 2009; Maroto *et al.*, 1986; Silva Felix *et al.*, 2017)，然而多種施肥方式中以葉面施肥較直接且高效，可防止養分在土壤被其他元素螯合或固定，並彌補根系吸收不足之部分(柯, 2004)。結果顯示三種鈣源皆無法有效降低頂燒病之罹病程度，但 0.01 M 氯化鈣處理軟腐病發生球數最少，每週噴施頻率 1~2 次相較於對照組皆減少 20% 多的軟腐病球數，而萵苣(Guerra *et al.*, 2009)、馬鈴薯(Hajhamed *et al.*, 2007)及結球白菜(Park, 1969)以葉面噴施氯化鈣皆有效減少了軟腐病發生，其雖無法降低頂燒病但對軟腐病有抑制效果。Silva Felix 等(2017)於結球白菜葉片噴施氯化鈣卻無法有效控制軟腐病，作者指出栽培品種、土壤特性及鈣源種類皆影響了施用

濃度與減少軟腐病之效果。而細菌軟腐病寄主廣泛，於 5~35°C 潮濕之環境皆可繁衍(Agrios, 1978)，欲控制病害注意環境因子相當重要。

3 種不同鈣源處理皆無法有效提升結球白菜中心及內葉鈣濃度，表示噴施於外葉的鈣並未順利向結球中心運移，但 McGuire 等(1986)使用硫酸鈣處理馬鈴薯其塊莖內鈣濃度顯著增加，噴施器官及作物對元素吸收能力可能造成結果差異。當環境情況適合葉片行蒸散作用，對增加葉片鈣濃度較有利(Gonway, 1992)，則眾多因素皆可能影響鈣的運輸及吸收。Thibodeau 等(1969)以硝酸鈣及氯化鈣於葉片每日噴施，有效控制奶油萵苣之頂燒病並提高葉片鈣濃度。Corriveau 等(2012)以 90、360 mg L<sup>-1</sup>CaCl<sub>2</sub> 噴施處理萵苣也明顯減少了發生頂燒病的葉面積，但 Corriveau 等(2011)試驗於葉片噴施鈣源並無法有效減少頂燒病，作者認為噴施頻率及鈣源種類皆會影響增加葉片鈣濃度及降低頂燒病之效果。而結球中心之磷、鐵、鋅、銅及硼元素濃度則於噴施 0.01 M 硫酸鈣後顯著增加。鈣及硼濃度若同時偏低時會使頂燒病之病徵加劇嚴重(Kuo *et al.*, 1981)，但本試驗各處理之病徵皆相當嚴重，無法證實此論點。僅乳酸鈣處理會顯著降低結球周徑，其它處理對生長皆無影響，生長無促進與 Corriveau 等(2012)、Holt Schulze (2005)及 Jenni 等(2008)萵苣試驗結果相同。前人研究表示葉面施肥效果雖迅速，但使用濃度有限且鈣運移困難僅作為輔助施肥(柯，2004)。

夏季於平地栽培結球葉菜類營養元素及水分易失調常發生結球不良或生理劣變情形(陳等，1996)，則結球白菜栽培選擇適當環境及品種是為預防頂燒病之要點。雖然本試驗結果未見效果，選擇適當鈣源及濃度並於生長期增加噴施頻率則較有可能有效預防頂燒病及增加內葉鈣濃度。

## 參 考 文 獻

- 吉雪花。大白菜耐低鈣品系的篩選及干燒心發生的機制的研究。西北農林科技大學碩士論文。61pp。
- 柯勇。2004。植物生理學。藝軒圖書出版社。823pp。
- 陳榮輝、張榮如、廖芳心、陳正男。1996。不同氮源及施用量對夏作甘藍生育及品質之影響。桃園區農業改良場研究彙報 27: 17-24。
- 馬國瑞、石傳勇。2002。蔬菜營養失調症原色圖譜。中國農業出版社。126pp。
- 張仲民。1997。土壤與肥料學。財團法人徐式基金會。335pp。
- 蔣德安、朱誠、楊玲。植物生理學。2018。五南圖書出版公司。624pp。
- Agrios, G.N. 1978. 11 - plant diseases caused by bacteria. In: Plant pathology (2<sup>nd</sup> edition), G.N. Agrios (ed.), Academic Press. pp. 466-470.
- Barta, D. J. and T. W. Tibbitts 1986. Effects of artificial enclosure of young lettuce leaves on tipburn incidence and leaf calcium concentration. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 150(3): 413-416.

- Borkowski, J., B. Dyki, M. Oskiera, A. Machlańska, and A. Felczyńska. 2016. The prevention of tipburn on chinese cabbage (*Brassica rapa* L. var. *pekinensis* (lour.) olson) with foliar fertilizers and biostimulators. *J. Hortic. Res.* 24(1): 47-56.
- Corriveau, J., L. Gaudreau, J. Caron, S. Jenni, and A. Gosselin. 2011. Effect of water management, fogging and Ca foliar application on tipburn of romaine lettuce (*Lactuca sativa* L.) cultivated in greenhouse. *Acta Hortic.* (in press).
- Corriveau, J., L. Gaudreau, J. Caron, S. Jenni, and A. Gosselin. 2012. Testing irrigation, day/night foliar spraying, foliar calcium and growth inhibitor as possible cultural practices to reduce tipburn in lettuce. *Can. J. Plant. Sci.* 92(5): 889-899.
- Cresswell, G. C. 1991. Effect of lowering nutrient solution concentration at night on leaf calcium levels and the incidence of tipburn in lettuce (var. *Gloria*). *J. Plant Nutr.* 14(9): 913-924.
- Crisp, P., G. F. Collier, and T. H. Thomas. 1976. The effect of boron on tipburn and auxin activity in lettuce. *Sci. Hortic.* 5(3): 215-226.
- Everaarts, A. P. and M. Blom-Zandstra. 2001. Review article internal tipburn of cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata*). *J. Hortic. Sci. Biotechnol.* 76(5): 522-528.
- Gonway, W. S. 1992. Calcium treatment of apples and potatoes to reduce postharvest decay. *Plant Dis.* 76: 329-334.
- Guerra, M. L., J. C. Oliveira, C. R. Naue, C. L. Silva, and R. L. R. Mariano. 2009. Podridão-mole da alface: controle com cálcio e levedura. In: IX Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão da UFRPE, 2009, Recife. Anais da Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão da UFRPE. Recife: UFRPE.
- Hajhamed, A. A., W. M. A. El-Sayed, A. A. El-Yazied, and N. Y. A. El-Ghaffar. 2007. Suppression of bacterial soft rot disease of potato. *Egypt. J. Phytopathol.* 35(2): 69-80.
- Hansen, P. 1973. The effect of cropping on the growth and uptake of nutrients by apple trees at different levels of nitrogen, potassium, magnesium and phosphorus. *Acta. Agric. Scand.* 23(2): 87-92.
- Hawkesford, M., W. Horst, T. Kichey, H. Lambers, J. Schjoerring, I. S. Møller, and P. White. 2012. Chapter 6 - functions of macronutrients. In: Marschner's mineral nutrition of higher plants. 3<sup>rd</sup> ed. P. Marschner (eds.), Academic Press, pp.135-189.
- Holtschulze, M. 2005. Tipburn in head lettuce-the role of calcium and strategies for preventing the disorder. M.Sc. thesis, University of Bonn. 110pp.
- Jenni, S. and Stewart, K. A. 2008. Cooling the canopy with sprinkler irrigation to reduce tipburn in endive. *Acta Hortic.* 792: 379-384.
- Kuo, C. G., J. S. Tsay, C. L. Tsai, and R. J. Chen. 1981. Tipburn of chinese cabbage in relation to calcium nutrition and distribution. *Sci. Hortic.* 14(2): 131-138.

- Loomis, W. D. and R. W. Durst. 1992. Chemistry and biology of boron. *Biofactors*. 3(4): 229-239.
- Marschner, P. 2011. Marschner's mineral nutrition of higher plants. In: *Opinion in Plant Biology* . 3<sup>rd</sup>, Elsevier (eds.), Academic Press. pp. 171-189.
- Maroto, J. V., J. Alagarda, B. Pascual, S. Galarza, and B. Cebolla. 1986, Tipburn incidence on Chinese cabbage (*Brassica campestris* L. ssp. *pekinensis* Rupr.) cultivated under greenhouse and its prevention by application of a high calcium foliage fertilizer, In: *Foliar Fertilization*, Alexander A. (eds.), *Dev. Plant Soil Sci.* pp. 325-334.
- Maruo, T. and M. Johkan. 2016. Chapter 12-Tipburn. In: *Plant Factory*. Toyoki, Genhua and Michiko (eds), Academic Press Ind. pp. 173-176.
- McGuire, R. G. and A. Kelman. 1986. Calcium in potato-tuber cell-walls in relation to tissue maceration by *Erwinia carotovora* pv. *atroseptica*. *Phytopathology* 76: 401-406
- Olle, M. and I. Bender. 2009. Causes and control of calcium deficiency disorders in vegetables: A review. *J. Hortic. Sci. Biotechnol.* 84: 577-584.
- Park, S. K. 1969. Studies in the relationship between Ca nutrient and soft rot disease in Chinese cabbage. *Research Report to Rural Development Administration* 12(1): 63-70.
- da Silva Felix, K. C., C. L. da Silva, W. J. de Oliveira, R. D. L. R. Mariano, and E. B. de Souza. 2017. Calcium-mediated reduction of soft rot disease in Chinese cabbage. *Eur. J. Plant Pathol.* 147(1): 73-84.
- Tachibana, S. 1991. Import of calcium by tomato fruit in relation to the day night periodicity. *Sci. Hortic.* 45(3-4): 235-243.
- Thibodeau, P. O. and P. L. Minotti. 1969. The influence of calcium on the development of lettuce tipburn. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 94: 372-376.
- Wiebe, H. J., H. P. Schätzler, and W. Kühn. 1977. On the movement and distribution of calcium in white cabbage in dependence of the water status. *Plant Soil* 48(2): 409-416.

## Effect of Foliar Application of Calcium Source on Chinese Cabbage Tip Burn

Yu-Jung Lin <sup>1)</sup> Huey-Ling Lin <sup>2)</sup>

Key words: tip burn, foliar application of calcium, Chinese cabbage.

### Summary

Chinese cabbage (*Brassica campestris* L. ssp. *pekinensis*) is an important Crucifera vegetable. Tipburn is a commonly existed physiological disorder of Chinese cabbage, previous study suggested that tip burn is caused by young leaf calcium deficiency and frequently occurred with soft rot disease, seriously affects the yield and quality of Chinese cabbage. The objectives of this study are to apply various calcium sources in leaves, and to investigate whether these treatment are effect on increasing the concentration of calcium in the inner leaves and reducing incidence of Chinese cabbage tip burn. The concentrations of nitrogen, calcium, potassium, magnesium and manganese in the inner leaves of Chinese cabbage with tip burn were significantly lower than those without tip burn, calcium concentration is only 42% of non-tip burn plant, while the concentrations of phosphorus, boron and zinc were higher in plants with tip burn. Using 0.01 M calcium chloride, calcium sulfate, calcium lactate in twice a week may not effectively increase the concentration of calcium in inner leaf and decrease tip burn. Application of 0.01 M calcium chloride may reduce 20% head with soft rot disease compared with control. Spraying with calcium sulfate may significantly increase concentrations of phosphorus, iron, zinc and copper, in contrast calcium lactate may significantly reduce head circumference. Overall, foliar application of calcium may not effectively reduce tip burn severity.

---

1) Graduate student, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

2) Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University. Corresponding author.