

# 應用合理化施肥降低萵苣頂燒症發生率之研究<sup>1</sup>

謝明憲、林經偉<sup>2</sup>

## 摘 要

謝明憲、林經偉。2016。應用合理化施肥降低萵苣頂燒症發生率之研究。臺南區農業改良場研究彙報 67：24-37。

結萵苣為我國第二大外銷蔬菜，自 2013 年迄今之年平均外銷量皆超過 1 萬公噸。惟結球萵苣在溫度偏高環境易出現頂燒症生理病害，常導致棄收損失，而施肥不當被認為是主要因素。為克服該問題本研究以改變氮肥及鉀肥施用量，建立合理化施肥制度，評估可否有效降低該生理病害發生。結果顯示結球萵苣春期作及秋期作適量減少肥料總用量與降低氮 / 鉀肥施用比率之合理化施肥措施，可有效避免頂燒症發生，惟部分試區相同栽培期之平均葉球重顯著低於農民慣行施肥組。蘿蔓萵苣春期作以相同策略合理化施肥亦可有效降低頂燒症發生，但種植不同品種即可避免頂燒症發生。因此本研究證實氮 / 鉀肥施用比率之合理化施肥策略，在降低或避免頂燒症發生具顯著效果。

**現有技術：**以往技術藉由噴施鈣肥以降低頂燒症生理病害發生，但因該生理病害常與葉菜栽培農民習慣過量施用氮肥有關，致難以有效降低或避免頂燒症發生。

**創新內容：**鉀肥為促進結球萵苣葉球發育之重要營養元素，土壤中鉀肥不足易增加結球不良之風險，本研究在結球發育之前仍維持高氮 / 鉀比之肥料施用，但在結球發育之後則改變為低氮 / 鉀比之肥料施用，為合理化施肥之主要應用策略。

**對產業影響：**基於適量減少肥料總用量與降低氮 / 鉀肥施用比率策略，建立結球萵苣與蘿蔓萵苣合理化施肥之可行措施，可避免或有效降低因頂燒症發生導致被迫棄收之損失。

**關鍵字：**結球萵苣、蘿蔓萵苣、合理化施肥、生理病害

接受日期：2016 年 4 月 11 日

1. 行政院農業委員會臺南區農業改良場研究報告第 452 號。

2. 行政院農業委員會臺南區農業改良場副研究員兼站長、助理研究員。712 臺南市新化區牧場 70 號。

## 前 言

萵苣是菊科、萵苣屬 1 至 2 年生草本植物，原產於地中海沿岸、亞洲北部和非洲等國家。由於萵苣種類繁多，可分為以葉為食用部位的葉萵苣，以莖為食用部位的嫩莖萵苣。葉萵苣又可分為結球萵苣、半結球萵苣與不結球萵苣<sup>(5)</sup>。結球萵苣（學名：*Lactuca sativa* var. *capitata* L.，英名：Iceberg lettuce），俗稱美生菜、包心萵苣，其頂生葉相互包被，形成圓球形或扁圓形葉球<sup>(2)</sup>。屬於半結球萵苣之蘿蔓萵苣（學名：*Lactuca sativa* L. var. *longifolia*；英名：Romaine lettuce），因為中文譯法的關係，導致蘿蔓萵苣有多種不同的名字，例如：羅曼萵苣、羅美生菜、羅美心都是指同一種；蘿蔓萵苣之頂生葉相互抱合，形成鬆散、長橢圓形葉球<sup>(7)</sup>。

在 2001 年以前結球萵苣於國內冬季僅有少量生產供應內銷，作為替代進口 2001 年首次嘗試外銷 26 公噸成功之後，外銷量也逐年增加。2013 年外銷出口量已突破 10,000 公噸以上，外銷值達 960 萬美元以上。臺灣結球萵苣產業雖從 2001 年起才發展替代進口到目前已拓展成外銷型產業，2012 年起臺灣結球萵苣外銷出口價值甚至超越胡蘿蔔，成為僅次於毛豆之重要外銷蔬菜<sup>(1)</sup>。

蘿蔓萵苣在國內農產品交易市場之名稱為「萵苣菜－蘿美」，根據 2006 ~ 2015 年交易資料統計分析，每年平均每公斤交易價幾乎皆在新臺幣 50 ~ 60 元之間。近十年之市場每年平均交易量，從 2006 年約 146 公噸，2010 年增至 440 公噸，2015 年則已高達 745 公噸，十年之間雖然每年平均交易價格變動約在 54.1 ± 4.8 元 / 公斤，但十年以來每年平均交易量已成長達 5 倍以上<sup>(2)</sup>。蘿蔓萵苣在歐美主要做為沙拉生吃，且由於味道清甜較少苦味，但也可川燙、油炒，放入火鍋中更增添美味。由於蘿蔓萵苣常被用於沙拉食材，也為著名「凱撒沙拉」之主要食材，單價通常較高，因此在國內消費市場已為重要蔬菜品項之一<sup>(7)</sup>。

在萵苣各類生理病害之中，頂燒症 (tipburn) 被認為有顯著病徵，對產品也有嚴重不良影響；頂燒症生理病害發生，不僅導致植物產品最終喪失商品販售價值，且因結球型葉菜之頂燒症病徵多出現在葉球內部，不易從外觀判定，縱使整個生產區發生率低，也會面臨被棄收的嚴重經濟損失<sup>(22,25)</sup>。頂燒症生理病害可在許多種類蔬菜普遍發生，除萵苣之外<sup>(9,10)</sup>，也常發生於甘藍<sup>(21)</sup>及結球白菜<sup>(19)</sup>等結球葉菜類蔬菜。頂燒症病徵係在新生葉片葉緣出現不可復原之壞疽或於葉球內部呈現乾腐，而該生理病害已知主要係缺鈣導致<sup>(15,22)</sup>。迄今學者探究頂燒症發生率與環境變化及栽培管理有高度相關的因子計有：光度<sup>(18)</sup>、氣溫<sup>(14)</sup>、濕度<sup>(11,18)</sup>、養液濃度<sup>(12)</sup>、鈣元素移動性<sup>(13)</sup>、養液鈣含量<sup>(17)</sup>及空氣流通度<sup>(23)</sup>等。

以往的研究指出在甘藍及結球萵苣葉面施用抗蒸散劑及鈣肥可減少頂燒症發生及增加葉球內部葉片之鈣含量<sup>(3)</sup>。在結球萵苣也有學者建議加施鈣肥於土壤及葉面施用鈣肥也可減少頂燒症發生<sup>(20)</sup>。但上述措施仍無法穩定有效降低頂燒症發生。在國內為減輕結球葉菜頂燒症發生，縱使推薦農民葉面施用鈣肥，但多數效果皆不顯著或甚至無效果，推測其原因可能是農民偏愛多施氮肥<sup>(4)</sup>。在國外為減輕結球甘藍頂燒症發生，發現過量施用鉀肥於土壤中雖會增加頂燒症發生，但因發現適度增加鈣肥與鉀肥施用比率則可有效控制頂燒症發生<sup>(23)</sup>。本研究考量以往技術藉由噴施鈣肥以期降低頂燒症生理病害發生，效果有限或不彰，而頂燒症生理病害常與農民習慣過量施用氮肥有關。因此本研究基於適量減少肥料總用量與降低氮 / 鉀肥施用比率策略，建立結球萵苣與蘿蔓萵苣之合理化施肥可行措施，以期有效控制頂燒症發生。

## 材料與方法

### 一、結球萵苣春期作合理化施肥之結球品質影響與降低頂燒率效益評估

(一) 供試品種：以目前外銷結球萵苣產區主要栽培品種「常利六號」為材料，其種子由臺灣合歡農產公司販售。

(二) 處理項目：試驗分三個試區執行（分由三位不同農民管理），每一試區之處理項目皆分為合理化施肥及農民自行施肥二組。

#### 1. 第一試區：

(1) 合理化施肥組：每 0.1 公頃計施用  $N-P_2O_5-K_2O$  計為 24.6-12.3-25.2 公斤。施用方式包括：A. 第一次追肥（苗株定植後第 12 天）：0.1 公頃施用臺肥特 1 號 (20-5-10) 60 公斤。B. 第二次追肥（定植後第 43 天）：0.1 公頃施用臺肥特 4 號 (11-5.5-22) 60 公斤。

(2) 農民自行施肥組：每 0.1 公頃施用  $N-P_2O_5-K_2O$  計為 53.94-17.82-23.40 公斤。施用方式包括：A. 第一次追肥（苗株定植後第 11 天）：0.1 公頃施用硫酸銨 (21-0-0) 34 公斤、過磷酸鈣 (0-18-0) 34 公斤及臺肥特 1 號 (20-5-10) 34 公斤。B. 第二次追肥（定植後第 25 天）：0.1 公頃施用臺肥特 1 號 (20-5-10) 100 公斤。C. 第三次追肥（定植後第 38 天）：0.1 公頃施用臺肥特 1 號 (20-5-10) 100 公斤。

#### 2. 第二試區：

(1) 合理化施肥組：每 0.1 公頃施用  $N-P_2O_5-K_2O$  分別為 18.6-6.3-19.2 公斤。施用方式包括：A. 第一次追肥（苗株定植後第 11 天）：0.1 公頃施用臺肥特 1 號 (20-5-10) 60 公斤。B. 第二次追肥（定植後第 28 天）：0.1 公頃施用臺肥特 4 號 (11-5.5-22) 60 公斤。C. 第三次追肥（定植後第 42 天）：0.1 公頃施用臺肥特 43 號 (15-15-15) 60 公斤。

(2) 農民自行施肥組：每 0.1 公頃施用  $N-P_2O_5-K_2O$  計為 27.72-17.76-15.00 公斤。施用方式包括：A. 第一次追肥（苗株定植後第 11 天）：0.1 公頃施用硫酸銨 (21-0-0) 32 公斤、過磷酸鈣 (0-18-0) 32 公斤。B. 第二次追肥（定植後第 25 天）：0.1 公頃施用臺肥特 1 號 (20-5-10) 60 公斤。C. 第三次追肥（定植後第 38 天）：0.1 公頃施用臺肥特 43 號 (15-15-15) 60 公斤。

#### 3. 第三試區：

(1) 合理化施肥組：每 0.1 公頃施用  $N-P_2O_5-K_2O$  計為 27.6-15.3-28.20 公斤。施用方式包括：A. 第一次追肥（苗株定植後第 11 天）：0.1 公頃施用臺肥特 1 號 (20-5-10) 60 公斤。B. 第二次追肥（定植後第 28 天）：0.1 公頃施用臺肥特 4 號 (11-5.5-22) 40 公斤。C. 第三次追肥（定植後第 42 天）：0.1 公頃施用臺肥特 43 號 (15-15-15) 60 公斤。

(2) 農民自行施肥組：每 0.1 公頃施用  $N-P_2O_5-K_2O$  計為 38.08-19.24-22.00 公斤。施用方式包括：A. 第一次追肥（苗株定植後第 11 天）：0.1 公頃施用硫酸銨 (21-0-0) 28 公斤、過磷酸鈣 (0-18-0) 28 公斤及臺肥特 1 號 (20-5-10) 28 公斤。B. 第二次追肥（定植後第 25 天）：0.1 公頃施用臺肥特 5 號 (16-8-12) 80 公斤。C. 第三次追肥（定植後第 38 天）：0.1 公頃施用臺肥特 5 號 (16-8-12) 80 公斤。

### 二、結球萵苣秋期作合理化施肥之結球品質影響與降低頂燒率效益評估

(一) 供試品種：以目前外銷結球萵苣產區主要栽培品種「常利六號」為材料，其種子由臺灣合歡農產公司販售。

(二) 處理項目：分為合理化施肥及農民自行施肥二組。

1. 合理化施肥組：每 0.1 公頃施用  $N-P_2O_5-K_2O$  計為 14.6-5.8-26.8 公斤。施用方式包括：(1) 第一次追肥 ( 苗株定植後第 12 天 )：0.1 公頃施用臺肥特 1 號 (20-5-10) 40 公斤、臺肥氯化鉀 (0-0-60) 10 公斤。(2) 第二次追肥 ( 定植後第 26 天 )：0.1 公頃施用臺肥特 4 號 (11-5.5-22) 60 公斤。

2. 農民自行施肥組：每 0.1 公頃施用  $N-P_2O_5-K_2O$  計為 38.44-15.88-17.00 公斤。施用方式包括：(1) 第一次追肥 ( 苗株定植後第 12 天 )：0.1 公頃施用硫酸銨 (21-0-0) 54 公斤、過磷酸鈣 (0-18-0) 16 公斤、臺肥特 43 號 (15-15-15) 60 公斤。(2) 第二次追肥 ( 定植後第 26 天 )：0.1 公頃施用臺肥特 1 號 (20-5-10) 80 公斤。

### 三、蘿蔓萵苣春期作合理化施肥之結球品質影響與降低頂燒率效益評估

(一) 供試品種：以麥寮果菜生產合作社自荷蘭 Rijk Zwaan 種公司引入「DF」及「D2」二品種為材料。

(二) 處理項目：分為合理化施肥及農民自行施肥二組。

1. 合理化施肥組：每 0.1 公頃施用  $N-P_2O_5-K_2O$  計為 16.8-6.4-21.6 公斤。施用方式包括：(1) 第一次追肥 ( 苗株定植後第 7 天 )：0.1 公頃施用臺肥特 43 號 (20-5-10) 40 公斤。(2) 第二次追肥 ( 定植後第 18 天 )：0.1 公頃施用臺肥特 4 號 (11-5.5-22) 40 公斤。(3) 第三次追肥 ( 定植後第 30 天 )：0.1 公頃施用臺肥特 4 號 (11-5.5-22) 40 公斤。

2. 農民自行施肥組：每 0.1 公頃施用  $N-P_2O_5-K_2O$  計為 24.8-18.4-21.6 公斤。施用方式包括：(1) 第一次追肥 ( 苗株定植後第 7 天 )：0.1 公頃施用宜農特 5 號 (16-8-12) 40 公斤、0.1 公頃施用宜農肥特 43 號 (15-15-15) 20 公斤。(2) 第二次追肥 ( 定植後第 18 天 )：0.1 公頃施用宜農特 5 號 (16-8-12) 40 公斤、0.1 公頃施用宜農肥特 43 號 (15-15-15) 40 公斤。(3) 第三次追肥 ( 定植後第 30 天 )：0.1 公頃施用宜農肥特 43 號 (15-15-15) 40 公斤。

### 四、試驗設計及調查分析項目

(一) 試驗設計：採逢機完全區集設計，每一處理計四重複。

(二) 調查分析項目：葉球園藝性狀包括葉球重、葉球縱徑、葉球橫徑、中心柱長、中心柱重及葉片重等性狀。葉圓片重：選取完整包覆葉球之外層第一片包葉，並在葉片近頂部中間位置，固定割取長直徑 10.16 公分之圓形 ( 面積  $81 \text{ cm}^2$  ) 葉圓片後秤重。土壤肥力分析：土壤樣品計分析 EC 值、pH 值、有機質、無機態氮、有效性磷、有效性鉀、有效性鈣、有效性鎂、有效性磷。其中土壤 pH 值以同一處理的 pH 平均值計算，係先將各重複區 pH 值轉換為氫離子濃度後，求其平均值，再取對數 (Log) 回復轉換為 pH 值。植體營養元素分析，於春期作試驗依試區別、處理項及重複別，分別逢機採取葉球為分析樣品，每一葉球樣品再依半徑的一半劃分為內葉層與外葉層，分別分析無機態氮、有效性磷、有效性鉀、有效性鈣、有效性鎂及有效性磷含量。

## 結果與討論

### 一、結球萵苣春期作合理化施肥之結球品質影響與降低頂燒率效益評估

評估應用合理化施肥降低頂燒發生率效益之春期作係於三個試區進行，定植期分別為 104 年元月 25、26 日及 2 月 2 日，定植後栽培日數分別為 53 天、52 天及 51 天。定植後每日最高溫變化在元月下旬約 21 ~ 23°C、2 月上旬約 18 ~ 22°C、2 月中旬約 19 ~ 26°C、2 月下旬約 24 ~ 26°C、3 月上旬約 20 ~ 27°C、3 月中旬約 20 ~ 30°C，若以開始結球為分界，於結球始期之前，元月下旬至 2 月下旬之間的每日最高溫均在 26°C 以下，但在結球始期之後，3 月上旬至中旬之間的每日最高溫已達 30°C。由於結球萵苣在日間溫度超過 28°C 或更高氣溫，不僅易導致葉球出現苦味，也易造成結球不良及引發頂燒症發生<sup>(24)</sup>，故推測結球始期之後的高溫環境恐對結球萵苣葉球發育已有顯著不良影響。

由表 1. 結果顯示，三個試區之合理化施肥處理組葉球均無頂燒症，但在第一及第二試區農民自行施肥組之頂燒症發生率分別為 6.7% 及 2.5%，且該生理病害之葉片壞疽或焦枯病徵主要發生於葉球內葉層部位，因難以從外觀判定個別葉球是否存在有頂燒症問題，故該二試區農民自行施肥組經取樣後，剩餘植株葉球仍被外銷生產團體決定棄收。

表 1. 結球萵苣春期作合理化施肥與慣行施肥之葉球性狀比較

Table 1. Comparison of rational and conventional application of fertilizer on head characteristics and tipburn rate on iceberg lettuce in spring

試驗地點 Testing Area	處理 Treatment	葉球重 Head weight (g)	球縱徑 Head height (cm)	球橫徑 Head width (cm)	球形指數 <sup>W</sup> Head index <sup>W</sup>	葉球緊度 <sup>X</sup> Density <sup>X</sup>	中心柱長 Core length (cm)	中心柱長度比 <sup>Y</sup> Core length ratio <sup>Y</sup> (%)	中心柱重 Core weight (g)	可食率 <sup>Z</sup> Edibility <sup>Z</sup> (%)	葉圓片重 Leaf weight (g/81 cm <sup>2</sup> )	頂燒率 Tipburn rate (%)
第一 <sup>T</sup> 試區	合理化施肥	512.8	14.6	14.4	1.01	0.32	2.9	20.1	18.8	96.4	7.71	0
	農民自行施肥	513.8	15.5	14.8	1.06	0.29	2.6	17.6	14.8	97.2	7.72	6.7
	t-test	ns	**	*	*	*	**	*	**	**	ns	-
第二 <sup>U</sup> 試區	合理化施肥	438.2	14.7	14.8	1.00	0.31	2.7	19.8	16.9	96.1	7.86	0
	農民自行施肥	536.2	15.8	14.7	1.09	0.34	2.8	20.8	19.7	96.3	7.68	2.5
	t-test	**	**	ns	**	*	**	ns	ns	ns	ns	-
第三 <sup>V</sup> 試區	合理化施肥	482.1	13.7	14.6	0.94	0.31	2.7	19.8	17.0	96.5	8.48	0
	農民自行施肥	520.4	13.9	14.6	0.97	0.34	2.9	20.8	19.7	96.2	7.92	0
	t-test	**	ns	ns	ns	*	*	ns	**	ns	ns	-

<sup>T</sup> 定植日期：104 年 01 月 25 日。Transplant date: Jan. 25, 2015. 採收日期：104 年 03 月 19 日。Harvest date: Mar. 19, 2015.

<sup>U</sup> 定植日期：104 年 01 月 26 日。Transplant date: Jan. 26, 2015. 採收日期：104 年 03 月 19 日。Harvest date: Mar. 19, 2015.

<sup>V</sup> 定植日期：104 年 02 月 02 日。Transplant date: Feb. 02, 2015. 採收日期：104 年 03 月 24 日。Harvest date: Mar. 24, 2015.

<sup>W</sup> 球形指數 = 球縱徑 / 球橫徑。Head index = Head height / Head width.

<sup>X</sup> 結球緊度 = 葉球重 / [ (  $\pi$  × 球縱徑 × 球橫徑 × 球橫徑 ) / 6 ]。

Head density = Head weight / [ (  $\pi$  × Head height × Head width × Head width ) / 6 ].

<sup>Y</sup> 中心柱長度比 = 中心柱長 / 球縱徑 × 100%。Core length ratio = Core length / Core height × 100%.

<sup>Z</sup> 可食率 = ( 葉球重 - 中心柱重 ) / 葉球重 × 100%。Edibility = ( Head weight - Core weight ) / Head weight × 100%.

由葉球性狀調查分析結果，合理化施肥組平均葉球重僅在第一試區（512.8 公克）與農民自行施肥組（513.8 公克）近似；但在葉球緊度，合理化施肥組為 0.32，顯著高於農民自行施肥組 0.29。結球萵苣成熟度判斷係以葉球緊度作為判斷標準，適合加工之葉球緊度通常建議應在 0.35 ~ 0.40 之間<sup>(8)</sup>。故第一試區合理化施肥組之葉球成熟度略高於農民自行施肥組。而平均葉球重在第二及第三試區合理化施肥組分別 438.2 公克及 482.1 公克，皆顯著低於農民自行施肥組 536.2 公克及 520.4 公克，且合理化施肥組之葉球緊度顯著低於農民自行施肥組，該二試區合理化施肥組葉球成熟度皆低於農民自行施肥組。

在春期作球形指數（球縱徑 / 球橫縱徑）方面，合理化施肥組及農民自行施肥組之間，僅在第三試區無顯著差異。然第一及第二試區合理化施肥組之球形指數（1.01 及 1.00），均顯著低於農民自行施肥組（1.06 及 1.09）。顯示結球萵苣春期作從低溫期轉換為高溫期之栽培環境，合理化施肥組不僅可有效控制頂燒症發生，也具有使葉球發育維持圓球形之效益。

依據試驗前後之土壤肥力分析報告（表 2），在三個不同試區之合理化施肥組及農民自行施肥組於試驗後之土壤 EC 值均呈上升趨勢。在土壤營養元素含量方面，在三個不同試區，不論合理化施肥組或農民自行施肥組，試驗採收後之土壤有效性磷及有效性鈣含量均呈下降趨勢。雖然本試驗肥料施用策略，在合理化施肥組之氮肥、磷肥施用量較低、鉀肥施用量較高，總施肥量則低於農民自行施肥組；但在三個試區不同處理間之土壤 EC 值仍相近。在其餘不同處理試驗後，土壤 pH 值及主要元素含量幾乎均相近。故示採收期之土壤肥力分析結果，難以作為判別頂燒症發生率之指標。

表 2. 結球萵苣春期作合理化施肥與慣行施肥試驗前後之土壤肥力分析

Table 2. Soil analysis before and after rational and conventional application of fertilizer on iceberg lettuce in spring

試驗地點	處理 Treatment	EC (1:5) (dS/m)	pH (1:1)	有機質 Organic matter (%)	無機態氮 Inorganic nitrogen (ppm)	有效性磷 Exchangeable phosphorous (mg/kg)	有效性鉀 Exchangeable potassium (mg/kg)	有效性鈣 Exchangeable calcium (mg/kg)	有效性鎂 Exchangeable magnesium (mg/kg)
第一試區 <sup>T</sup>	合理化施肥	0.63	7.48	1.57	43	320	120	3,313	376
	農民自行施肥	0.83 ± 0.11 <sup>Z</sup>	7.24 ± 0.20	1.74 ± 0.08	68 ± 12	135 ± 16	121 ± 40	2,911 ± 265	373 ± 22
	t-test	0.73 ± 0.09	7.61 ± 0.27	1.67 ± 0.12	46 ± 25	128 ± 15	125 ± 72	2,835 ± 242	374 ± 29
第二試區 <sup>U</sup>	合理化施肥	0.53	7.70	1.61	17	250	131	3076	442
	農民自行施肥	0.88 ± 0.05	7.51 ± 0.12	1.77 ± 0.06	43 ± 7	119 ± 6	124 ± 15	2,385 ± 96	408 ± 16
	t-test	0.84 ± 0.12	7.48 ± 0.13	1.60 ± 0.13	38 ± 26	130 ± 6	100 ± 9	2,153 ± 119	363 ± 43
第三試區 <sup>V</sup>	合理化施肥	0.61	7.81	1.69	81	263	175	3,663	462
	農民自行施肥	0.89 ± 0.19	7.43 ± 0.22	1.81 ± 0.15	81 ± 17	139 ± 8	77 ± 6	3,081 ± 81	433 ± 20
	t-test	0.79 ± 0.24	7.22 ± 0.44	1.95 ± 0.13	45 ± 15	144 ± 19	66 ± 7	2,787 ± 125	352 ± 47

<sup>W</sup> 試驗前土壤取樣日期：104 年 01 月 08 日。Soil sampling date before trial: Jan. 08, 2015.

試驗後土壤取樣日期：104 年 03 月 19 日。Soil sampling date after trial: Mar. 19, 2015.

<sup>X</sup> 試驗前土壤取樣日期：104 年 01 月 08 日。Soil sampling date before trial: Jan. 08, 2015.

試驗後土壤取樣日期：104 年 03 月 19 日。Soil sampling date after trial: Mar. 19, 2015.

<sup>Y</sup> 試驗前土壤取樣日期：104 年 01 月 08 日。Soil sampling date before trial: Jan. 08, 2015.

試驗後土壤取樣日期：104 年 03 月 24 日。Soil sampling date after trial: Mar. 24, 2015.

<sup>Z</sup> 平均值 ± 標準差 (n = 4)。Mean ± S.D. (n = 4).

本項試驗特別於採收時依不同處理組之各重複區，逢機取樣葉球，並將葉球分內葉層及外葉層進行植體分析其氮、磷、鉀、鈣及鎂等巨量元素含量，分析結果如表 3 顯示僅在有效性鉀及鈣含量較具有一致性變化。其中以合理化施肥組及農民自行施肥組均顯示葉球外葉層之有效性鉀含量皆顯著高於內葉層，惟不同處理間之相同葉層有效性鉀含量比較，則均無顯著差異。另在有效性鈣含量比較，同一葉層之不同處理項間，雖然在三個試區合理化施肥組有效性鈣含量均顯示高於農民自行施肥組，惟皆未達顯著差異水準。但在三個試區農民自行施肥組之外葉層有效性鈣含量則均顯著高於內葉層。而合理化施肥區之外葉層有效性鈣含量則未顯著高於內葉層。推測可能係鈣元素不易從老葉（葉球外葉層葉片）重新運移至新生葉（葉球內葉層）葉片有關<sup>(3)</sup>。且可能農民自行施肥組之新生葉鈣元素累積受阻，故加大農民自行施肥組之外葉層與內葉層有效性鈣含量差異值。

表 3. 結球萵苣於春期作應用緩釋肥料施肥與慣行施肥試驗後之植體巨量營養元素含量 (%) 分析

Table 3. The macro-element contents (%) of head before and after rational and conventional application of fertilizer on iceberg in spring

地點 Location	處理 Treatment	取樣點 Sampling site	氮 (N)	磷 (P)	鉀 (K)	鈣 (Ca)	鎂 (Mg)
第 <sup>X</sup> 一 試 區	合理化 施肥組	內葉層	4.14250	0.72175	6.91250	0.80250	0.28250
		外葉層	3.40750	0.68150	7.52000	0.95250	0.34000
	農民自行 施肥組	內葉層	3.91750	0.72000	6.50000	0.66500	0.27500
		外葉層	3.71750	0.70100	7.44000	0.84000	0.30250
LSD (p = 0.05)			0.51080	0.16370	0.56470	0.16298	0.07528
第 <sup>Y</sup> 二 試 區	合理化 施肥組	內葉層	4.21500	0.63575	6.72250	0.86750	0.29500
		外葉層	3.41000	0.76925	9.06250	1.01500	0.36250
	農民自行 施肥組	內葉層	4.18500	0.72500	6.23750	0.70750	0.23750
		外葉層	3.52500	0.75525	8.16750	0.96750	0.33750
LSD (p = 0.05)			0.50340	0.19810	0.79000	0.25080	0.07922
第 <sup>Z</sup> 三 試 區	合理化 施肥組	內葉層	4.13750	0.60500	4.99000	0.75750	0.23400
		外葉層	4.55500	0.59275	6.38500	0.91300	0.30700
	農民自行 施肥組	內葉層	3.82750	0.52300	4.12000	0.62325	0.19700
		外葉層	4.19500	0.59675	5.70750	0.86975	0.27775
LSD (p = 0.05)			0.55940	0.20510	0.93300	0.24430	0.03528

<sup>X</sup> 試驗後植體取樣日期：104 年 03 月 19 日。Plant sampling date after trial: Mar. 19, 2015.

<sup>Y</sup> 試驗後植體取樣日期：104 年 03 月 19 日。Plant sampling date after trial: Mar. 19, 2015.

<sup>Z</sup> 試驗後植體取樣日期：104 年 03 月 24 日。Plant sampling date after trial: Mar. 24, 2015.

## 二、結球萵苣秋期作合理化施肥之結球品質影響與降低頂燒率效益評估

秋期作結球萵苣合理化施肥降低頂燒發生率比較試驗係於 104 年 10 月 22 日定植，定植後栽培日數約 39 天。由於定植後每日最高溫變化在 10 月下旬約為 29 ~ 31℃、11 月上旬約為 26 ~ 32℃、11 月中旬約為 29 ~ 31℃、11 月下旬約為 26 ~ 29℃，若以開始結球為分界，結球始期之前於 11 月中旬每日最高溫甚至達 32℃，11 月下旬則達 29℃，推測此期高溫環境對結球萵苣葉球發育已有不良影響。

由表 4 結果顯示，合理化施肥組葉球無頂燒症，但農民自行施肥組之頂燒症發生率為 5%，且秋期作出現生理障礙之葉片壞疽或焦枯病徵與春期作相似，均主要發生於葉球內葉層，也難以從外觀判定個別葉球是否存在有頂燒症問題，故該試區農民自行施肥組經取樣後剩餘植株葉球，仍被外銷生產團體決定棄收。

表 4. 結球萵苣秋期作合理化施肥與慣行施肥之葉球性狀比較<sup>U</sup>Table 4. Comparison of rational and conventional application of fertilizer on head characteristics and tipburn rate on iceberg lettuce in autumn<sup>U</sup>

地點 Location	處理 Treatment	葉球重 Head weight (g)	球縱徑 Head height (cm)	球橫徑 Head width (cm)	球形指數 <sup>W</sup> Head index <sup>W</sup>	葉球緊度 <sup>X</sup> Density <sup>X</sup>	中心柱長 Core length (cm)	中心柱長度比 <sup>Y</sup> Core length ratio <sup>Y</sup> (%)	中心柱重 Core weight (g)	可食率 <sup>Z</sup> Edibility <sup>Z</sup> (%)	葉圓片重 Leaf weight (g/60 cm <sup>2</sup> )	頂燒率 Tipburn rate (%)
	合理化施肥	512.8	14.6	14.4	1.01	0.32	2.9	20.1	18.8	96.4	7.71	0
	農民自行施肥	520.4	13.9	14.6	0.97	0.34	2.9	20.8	19.7	96.2	7.92	5
	t-test	**	ns	ns	ns	*	*	ns	**	ns	ns	-

<sup>U</sup>定植日期：104 年 10 月 22 日。Transplant date: Oct. 22, 2015)；採收日期：104 年 11 月 30 日 (Harvest date: Nov. 30, 2015)

<sup>W</sup>球形指數 = 球縱徑 / 球橫徑。Head index = Head height / Head width

<sup>X</sup>結球緊度 = 葉球重 / [( $\pi \times$  球縱徑  $\times$  球橫徑  $\times$  球橫徑) / 6]。

Head density = Head weight / [( $\pi \times$  Head height  $\times$  Head width  $\times$  Head width) / 6].

<sup>Y</sup>中心柱長度比 = 中心柱長 / 球縱徑  $\times$  100%。Core length ratio = Core length / Head height  $\times$  100%.

<sup>Z</sup>可食率 = (葉球重 - 中心柱重) / 葉球重  $\times$  100%。Edibility = (Head weight - Core weight) / Head weight  $\times$  100%.

在葉球性狀調查分析結果，合理化施肥組之平均葉球重為 391.4 公克，與農民自行施肥組之 378.2 公克近似。然而合理化施肥組之球縱徑 (12.5 cm) 及球橫徑 (14.9 cm) 均顯著大於農民自行施肥組 (12.2 cm 及 14.4 cm)，但球形指數 (球縱徑 / 球橫徑)、中心柱長及中心柱長度比則皆相似；其中球形指數相似係因為合理化施肥組之球縱徑及球橫徑二項均顯著大於農民自行施肥組，反而在葉球緊度比較，合理化施肥組 (0.27) 則顯著小於農民自行施肥組 (0.29)，顯示合理化施肥組葉球成熟度低於農民自行施肥組。

依據試驗前後之土壤肥力分析報告如表 5，試驗後之土壤 EC 值表現，不論合理化施肥組及農民自行施肥組，試驗採收後之土壤 EC 值均呈降低趨勢。而在土壤營養元素含量比較，合理化施肥組及農民自行施肥組於試驗後之土壤有效性磷及有效性鉀含量均呈顯著增加趨勢，但在有效性鈣及有效性鎂含量則皆呈顯著減少趨勢。

不同處理之肥料三要素用量及總施用量存有差異，合理化施肥組僅在鉀肥施用量高



於農民自行施肥組，但在氮肥、磷肥施用量及肥料施用總量均低於農民自行施肥組。由於農民自行施肥組之葉球有 5% 頂燒症發生率，合理化施肥組則無；但在土壤肥力分析結果顯示，二處理在土壤 EC 值、pH 值及主要元素含量皆相近。顯示秋期作採收期之土壤肥力分析結果亦難以作為推測頂燒症發生之判別指標。

表 5. 結球萵苣秋期作合理化施肥與慣行施肥試驗前後之土壤肥力分析

Table 5. Soil analysis before and after rational and conventional application of fertilizer on iceberg lettuce in autumn

處理 <sup>Y</sup> Treatment <sup>Z</sup>	EC (1:5) (dS/m)	pH (1:1)	有機質 Organic matter (%)	無機態氮 Inorganic nitrogen (ppm)	有效性磷 Exchangeable phosphorous (mg/kg)	有效性鉀 Exchangeable potassium (mg/kg)	有效性鈣 Exchangeable calcium (mg/kg)	有效性鎂 Exchangeable magnesium (mg/kg)
試驗前土壤分析	0.28	7.36	1.91		143	51	2,660	272
合理化施肥	0.16 ± 0.04 <sup>Z</sup>	6.40 ± 0.05	1.67 ± 0.06		222 ± 17	84 ± 18	1,948 ± 68	167 ± 2
農民自行施肥	0.17 ± 0.08	6.44 ± 0.14	1.64 ± 0.10		271 ± 34	89 ± 12	1,943 ± 36	172 ± 7

<sup>Y</sup> 試驗前土壤取樣日期：104 年 10 月 04 日。Soil sampling date before trial: Oct. 04, 2015.

試驗後土壤取樣日期：104 年 11 月 30 日。Soil sampling date after trial: Nov. 30, 2015.

<sup>Z</sup> 平均值 ± 標準差 (n = 4)。Mean ± S.D. (n = 4).

### 三、蘿蔓萵苣春期作合理化施肥之結球品質影響與降低頂燒率效益評估

春期作蘿蔓萵苣合理化施肥降低頂燒發生率比較試驗區係於 104 年 3 月 25 日定植，定植後栽培日數為 39 天。由於定植後每日最高溫變化在 3 月下旬約為 24 ~ 30°C、4 月上旬約為 24 ~ 29°C、4 月中旬約為 28 ~ 32°C、4 月下旬約為 28 ~ 30°C、5 月上旬約為 29 ~ 32°C。若以頂生葉相互抱合形成葉球為分界，葉球形成之前在 3 月下旬至 4 月中旬的每日最高溫已達 32°C，但從葉球形成起，4 月中旬的每日最高溫同樣達至 32°C，推測此期高溫對蘿蔓萵苣葉球形成之不良影響更為顯著。

由表 6 結果顯示，DF 品種之合理化施肥組頂燒症發生率為 2%，但農民自行施肥組之頂燒症發生率達 19%，且抱合型葉球尚未發育達封頂狀態，即植株頂端葉面未重疊密合。但另一品種 D2 在合理化施肥處理組及農民自行施肥組均無頂燒症發生，且抱合型葉球已發育達封頂狀態。

在葉球性狀調查分析結果，DF 品種之合理化施肥組平均葉球重為 752.2 公克)，顯著高於農民自行施肥組之 711.5 公克。此外在 DF 品種之合理化施肥組中心柱長及中心柱長度比 (中心柱長 / 球縱徑 × 100%) 分別為 13.5 cm 及 42.8%，均顯著小於農民自行施肥組之 14.6cm 及 45.3%。另一品種 D2 在合理化施肥處理組及農民自行施肥組在平均葉球重、球形指數及中心柱長度比等之葉球重則均相似，顯示 D2 品種在葉球形成發育之耐熱性顯著優於 DF 品種，且葉球性狀不易受合理化施肥組及農民自行施肥組之肥料施用量差異之影響。

依據試驗前後之土壤肥力分析報告 (表 7)，二品種在不論合理化施肥組及農民自行施肥組，試驗採收後之土壤 EC 值均無顯著差異。而在土壤營養元素含量比較，二品種合理化施肥組及農民自行施肥組於試驗採收後之土壤有效性鉀及效性鈣含量均呈顯著減少趨勢。雖然在 DF 品種農民自行施肥組之葉球頂燒症發生率高於合理化施肥組，但

在土壤營養元素含量方面，僅 DF 品種農民自行施肥組之有效性鈣含量顯著低於合理化施肥組，其餘均無顯著差異。然在 D2 品種之農民自行施肥組與合理化施肥組，試驗後土壤營養元素含量間則無顯著性差異。

表 6. 蘿蔓萵苣春期作合理化施肥與慣行施肥之葉球性狀比較

Table 6. Comparison of rational and conventional application of fertilizer on head characteristics and tipburn rate on romaine lettuce in spring

品種別 Cultivar	處理 <sup>V</sup> Treatment <sup>V</sup>	葉球重 Head weight (g)	球縱徑 Head height (cm)	球橫徑 Head width (cm)	球形指數 <sup>W</sup> Head index <sup>W</sup>	葉球緊度 <sup>X</sup> Density <sup>X</sup>	中心柱長 Core length (cm)	中心柱 長度比 <sup>Y</sup> Core length ratio <sup>Y</sup> (%)	葉圓 片重 Leaf weight (g/60 cm <sup>2</sup> )	頂燒率 Tipburn rate (%)
DF	合理化施肥	752.2	31.6	14.1	2.27	0.23	13.5	42.8	4.08	2
	農民自行施肥	711.5	32.1	13.7	2.39	0.23	14.6	45.3	4.26	19
DF	合理化施肥	721.8	32.1	13.6	2.38	0.24	9.9	30.6	3.78	0
	農民自行施肥	701.4	32.1	13.5	2.40	0.23	10.2	31.8	3.75	0
LSD (5%)		32.6	0.05	0.3	0.06	0.01	0.5	1.6	0.17	-

<sup>V</sup>定植日期：104 年 03 月 24 日。Transplant date: Mar. 24, 2015. 採收日期：104 年 05 月 04 日。Harvest date: May 04, 2015.

<sup>W</sup>球形指數 = 球縱徑 / 球橫徑。Head index = Head height / Head width.

<sup>X</sup>結球緊度 = 葉球重 / [ (π × 球縱徑 × 球橫徑 × 球橫徑) / 6 ]。

Head density = Head height / [(π × Head height × Head width × Head width) / 6].

<sup>Y</sup>中心柱長度比 = 中心柱長 / 球縱徑 × 100% (Core length ratio = Core height / Core length × 100%.

<sup>Z</sup>可食率 = (葉球重 - 中心柱重) / 葉球重 × 100%。Edibility = (Head weight - Core weight) / Head weight × 100%.

表 7. 蘿蔓萵苣春期作合理化施肥與慣行施肥試驗前後之土壤肥力分析

Table 7. Soil analysis before and after rational and conventional application of fertilizer on romaine lettuce in spring

品種別 Cultivar	處理 <sup>Y</sup> Treatment <sup>Y</sup>	EC (1:5) (dS/m)	pH (1:1)	有機質 Organic matter (%)	有效性磷 Exchangeable phosphorous (mg/kg)	有效性鉀 Exchangeable potassium (mg/kg)	有效性鈣 Exchangeable calcium (mg/kg)	有效性鎂 Exchangeable magnesium (mg/kg)
試驗前土壤分析		0.53 ± 0.06 <sup>Z</sup>	7.23 ± 0.05	1.75 ± 0.05	218 ± 8	153 ± 31	2,891 ± 21	284 ± 24
DF	合理化施肥	0.53 ± 0.10	7.20 ± 0.13	1.58 ± 0.11	193 ± 4	77 ± 11	2,370 ± 269	251 ± 47
	農民自行施肥	0.41 ± 0.14	6.89 ± 0.09	1.53 ± 0.01	201 ± 8	73 ± 6	1,969 ± 62	212 ± 15
DF	合理化施肥	0.44 ± 0.19	7.20 ± 0.18	1.64 ± 0.07	223 ± 6	81 ± 12	2,338 ± 258	280 ± 57
	農民自行施肥	0.46 ± 0.04	7.12 ± 0.28	1.63 ± 0.07	217 ± 14	87 ± 6	2,355 ± 127	240 ± 22

<sup>Y</sup>試驗前土壤取樣日期：104 年 03 月 04 日。Soil sampling date before trial: Mar. 04, 2015.

試驗後土壤取樣日期：104 年 05 月 04 日。Soil sampling date after trial: May 04, 2015.

<sup>Z</sup>平均值 ± 標準差 (n = 4)。Mean ± S.D. (n=4).

本項試驗特別於採收時依據品種別、不同處理別之各重複區，逢機取樣葉球，並將葉球分內葉層及外葉層，分析植體之氮、磷、鉀、鈣及鎂等巨量元素含量，分析結果（表 8）顯示有效性氮含量在不同處理間與葉球不同葉層間均相近。合理化施肥及農民自行施肥各組內之內葉層有效性磷含量顯著高於外葉層。但合理化施肥及農民自行施肥各組內之內葉層有效性鉀、鈣、鎂含量則顯著低於外葉層。DF 及 D2 二品種之農民自行施肥組外葉層有效性鎂含量皆顯著高於同葉層之合理化施肥組。

表 8. 蘿蔓萵苣於春期作應用合理化施肥與慣行施肥試驗後之植體巨量營養元素含量（%）分析

Table 8. The macro-element contents (%) in head before and after rational and conventional application of fertilizer on romaine in spring

品種別 Cultivar	處理 Treatment	取樣點 Sampling site	氮 (N)	磷 (P)	鉀 (K)	鈣 (Ca)	鎂 (Mg)
DF	合理化 施肥組	內葉層	3.92750	0.78075	5.81900	0.52375	0.24850
		外葉層	3.91750	0.62175	8.90450	1.06925	0.37925
	農民自行 施肥組	內葉層	3.97250	0.75350	5.85950	0.48375	0.26225
		外葉層	3.57900	0.56575	8.77030	0.98925	0.42250
LSD (p = 0.05)			0.53370	0.10370	0.86920	0.09700	0.03191
DF	合理化 施肥組	內葉層	3.70000	0.73725	4.90730	0.45075	0.21775
		外葉層	3.44500	0.61925	7.74950	0.86325	0.31500
	農民自行 施肥組	內葉層	3.70250	0.73100	4.97230	0.44700	0.22525
		外葉層	3.43750	0.63375	7.65480	0.77000	0.35525
LSD (p = 0.05)			0.38760	0.08750	0.60410	0.09605	0.03462

試驗後植體取樣日期：104 年 05 月 04 日。Plant sampling date after trial: May 04, 2015.

## 結 論

結球萵苣春期作從低溫期轉換為高溫期之栽培環境，合理化施肥組不僅可有效控制頂燒症發生，也具維持葉球發育為圓球形之效益。秋期作雖處於高溫環境，合理化施肥組仍可有效控制頂燒症發生，平均葉球重與農民自行施肥組相近，但合理化施肥組葉球成熟度低於農民自行施肥組。惟採收期之土壤肥力分析結果，仍難以作為判別頂燒症發生率高低關聯性之指標。蘿蔓萵苣 DF 品種之合理化施肥處理組頂燒症發生率為 2%，但農民自行施肥組之頂燒症發生率達 19%；而另一品種 D2 在合理化施肥處理組及農民自行施肥組均無頂燒症發生，且抱合型葉球發育已達封頂狀態，顯示 D2 品種在葉形成發育之耐熱性顯著優於 DF 品種。

## 致 謝

感謝本場義竹工作站同仁協助萵苣品質分析及作物環境課土壤肥料研究室同仁協助土壤肥力及植體分析。另特別感謝雲林縣麥寮果菜合作社免費提供試驗田進行本研究之各項試驗工作及提供實務建議。

## 引用文獻

1. 行政院農業委員會。2016。農業統計資料查詢－農業貿易－貿易統計表。<http://agrstat.coa.gov.tw/sdweb/public/trade/tradereport.aspx>。
2. 行政院農業委員會農糧署。2016。農產品交易行情站。<http://amis.afa.gov.tw/>。
3. 陳榮五。1983。抗蒸散劑及鈣對甘藍及結球萵苣之頂燒病及鈣分佈之影響。行政院農業委員會臺南區農業改良場研究彙報。17：13-30。
4. 陳葦玲。2012。蔬菜作物缺鈣症狀及防治措施。臺中區農情月刊。152：3。
5. 路全利。2009。從農場到餐桌 - 萵苣。鄉間小路。36(09)：4。
6. 謝明憲。2015。漢堡。菜沙拉不可缺少的蔬菜 - 結球萵苣庭園栽培。園藝之友。171：42-45。
7. 謝明憲。2016。火鍋、生食二用極品 - 蘿蔓萵苣盆植、庭園栽植 DIY。園藝之友。175：41-44。
8. 小澤智美。2013。夏秋季加工・業務用レタスの栽培体系と経営試算。グリーンレポート。29(2)：8-9。
9. Barta, D.J. and T.W. Tibbitts. 1991. Calcium localization in lettuce leaves with and without tipburn: Comparison of controlled-environment and field-grown plants. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 116: 870-875.
10. Barta, D.J. and T.W. Tibbitts. 2000. Calcium localization and tipburn development in lettuce leaves during early enlargement. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 125: 294-298.
11. Choi, K.Y. and Y.B. Lee. 2008. Effects of relative humidity on the apparent variability in the incidence of tipburn symptom and distribution of mineral nutrients between morphologically different lettuce (*Lactuca sativa* L.) cultivars. *Hort. Environ. Biotechnol.* 49: 20-24.
12. Choi, K.Y. and Y.B. Lee. 2001a. Effect of electrical conductivity of nutrient solution on tipburn incidence of lettuce (*Lactuca sativa* L.) in a plant factory using an artificial light source. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 42: 53-56.
13. Choi, K.Y. and Y.B. Lee. 2001b. Effect of salinity of nutrient solution on growth, translocation and accumulation of  $^{45}\text{Ca}$  in butterhead lettuce. *Acta. Hort.* 548: 575-580.
14. Choi, K.Y. and Y.B. Lee. 2003. Effect of air temperature on tipburn incidence of butterhead and leaf lettuce in a plant factory. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 44: 805-808.
15. Collier GF, Tibbitts TW. 1982. Tipburn of lettuce. *Horticult. Rev.* 4: 49-65.
16. Cubera, M.A. and B.R. Coby. 2000. Influence of soil calcium, potassium, and pH on development of leaf tipburn of cabbage in eastern North Carolina. *Commun. Soil Sci. Plant*

- Anal.* 31: 259-275.
17. Gislerod, H.R. 1999. The role of calcium on several aspects of plant and flower quality from a floricultural perspective. *Acta Hort.* 481: 345-351.
  18. Islam, N. G.G. Patil, S. Torre, and H.R. Gislerod. 2004. Effects of relative air humidity, light, and calcium fertilization on tipburn and calcium content of the leaves of *Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn. *Eur. J. Hort. Sci.* 69: 29-36.
  19. Kuo, C.G., J.S. Tsaya, C.L. Tsaia, and R.J. Chen. 1981. Tipburn of Chinese cabbage in relation to calcium nutrition and distribution. *Sci. Hort.* 14: 131-138.
  20. Misaghi, I.J. and C.A. Matyac. 1981. Soil and foliar applications of calcium chloride and calcium nitrate to control tipburn of head lettuce. *Plant Dis.* 65: 821-822.
  21. Nieuwhof, M., F. Garretsen, and D. Wiering. 1960. Internal tipburn in white cabbage II. The effect of some environmental factors. *Euphytica* 9: 275-280.
  22. Saure, M.C. 1998. Causes of the tipburn disorder in leaves of vegetables. *Sci. Hort.* 76:131-147.
  23. Shibata, T., K. Iwao, and T. Takano. 1995. Effect of vertical air flowing on lettuce growing in a plant factory. *Acta Hort.* 399: 175-183.
  24. Turini, T., M. Cahn, M. Cantwell, L. Jackson, S. Koike, E. Natwick, R. Smith, K. Subbarao, and E. Takele. 2011. Iceberg Lettuce Production in California. *DANR. Publication 7215*. <http://anrcatalog.ucanr.edu/pdf/7215.pdf>
  25. Wissemeier, A.H. and G. Zuhlke. 2002. Relations between climatic variables, growth and the incidence of tipburn in field-grown lettuce as evaluated by simple and multiple regression analysis. *Sci. Hort.* 93: 193-204.

# Rational Application of Fertilizer in Lettuce to Reduce Tipburn Rate<sup>1</sup>

Hsieh, M. H. and C. W. Lin<sup>2</sup>

## Abstract

Iceberg lettuce is the second largest export vegetable, with an average exceeding 10,000 tons per year in Taiwan since 2013. Romaine lettuce is another kind of vegetable for future exportation. Tipburn is a widespread physiological disorder of lettuce, with the symptom of necrosis on margins and inner leaves of the head. In addition, tipburn is a feature of rapid growth in summer due to high temperatures, which enhance calcium deficiency. Inadequate fertilization is a major cause of calcium deficiency in lettuce. To overcome this problem, we evaluated the effects of fertilization on heading characteristics and tipburn rate by both reducing the nitrogen and increasing potassium after head formation. Using this method, the total amount of applied fertilizer decreased. Results showed that tipburn did not occur in iceberg lettuce with the rational application of fertilizer. However, some trials showed that the yield was lower than that of the conventional fertilizing treatment. In romaine lettuce, the tipburn rate was lower with the rational application of fertilizer than the conventional fertilizing treatment in spring cropping for one cultivar. However, no tipburn occurred in the heat tolerant cultivar with both treatments. This research has proven that reducing the ratio of nitrogen to potassium in the fertilizer is an effective approach to reduce or nullify the tipburn rate in iceberg and romaine lettuce.

### **What is already known on this subject?**

The previous research has proven that supplementary calcium applications by foliar sprays did not effectively increase calcium levels or reduce tipburn and is not recommended for tipburn control. In addition, the disorder is often associated with the application of too much nitrogen in leafy vegetables in Taiwan.

### **What are the new findings?**

Potassium plays an important role in the ability of iceberg lettuce to form a proper head. Very low concentrations of potassium in the soil appear to increase the risk of lettuce failing to form a proper head. We only used a higher ratio of nitrogen to potassium fertilizer before head formation, but less nitrogen than potassium fertilizer is recommended after head formation to adequately control tipburn.

### **What is the expected impact on this field?**

Crops with even a small percentage of tipburn are often abandoned. Adjusting the ratio of nitrogen/potassium fertilization will be an effective approach to solve this problem.

**Key words:** Iceberg Lettuce, Romaine Lettuce, Rational Application of Fertilizer, Physiological Disorder

Accepted for publication: April 11, 2016

- 
1. Contribution No.452 from Tainan District Agricultural Research and Extension Station.
  2. Associate scientist and assistant scientist, Tainan District Agricultural Research and Extension Station. 70 Muchang, Hsinhua, Tainan 712, Taiwan, R.O.C.