

外銷結球萵苣緩釋型肥料應用效率之研究¹

謝明憲、江汶錦²

摘 要

謝明憲、江汶錦。2014。外銷結球萵苣緩釋型肥料應用效率之研究。臺南區農業改良場研究彙報 64：20-35。

本研究目的為協助外銷結球萵苣生產紓解田間工短缺問題，評估應用緩釋型肥料僅一次施肥取代傳統多次追肥以降低人力支出之效益。試驗設計分為(1)冬作緩釋型肥料合理量施用評估、(2)春作緩釋型肥料合理量施用評估及不同緩釋型肥料比較試驗及(3)夏作緩釋型肥料施用評估及不同氮源組成肥料比較試驗等三項。試驗結果顯示冬作應用緩釋型肥料較農民傳統施肥法之氮磷鉀三要素分別約減少 51.6% - 46.9% - 37.9% 施用量，且有顯著提升葉球重之效果。在春作不論應用本土或進口緩釋型肥料，皆較農民傳統施肥法有顯著提升葉球重之效果，且應用本土緩釋型肥料較農民傳統施肥法之氮磷二要素分別約減少 25.6%~4.7% 施用量，惟推估應用本土緩釋型肥成本仍偏高，肥料支出費用較農民傳統施肥約近 1 倍。在夏作應用不含硝態氮緩釋型肥料之葉球重顯著高於不論是否含硝態氮之慣行施用肥料處理者，而單位葉面積重量僅顯著高於不含硝態氮慣行施用肥料處理，但顯著低於含硝態氮慣行施用肥料處理。結球萵苣應用緩釋型肥料有顯著提升產量及降低肥料施用量之效果，且具有免除栽培期間雇用工人進行追肥之效益，但緩釋型肥料價格偏高仍是其缺點，且冬作及春作應用緩釋型肥料均有造成土壤 EC 值升高現象，應進一步試驗評估尋求再降低緩釋型肥料合理用量，以期提升臺灣外銷結球萵苣生產之國際競爭力。

關鍵字：結球萵苣、緩釋型肥料、產量

接受日期：2014 年 10 月 18 日

前 言

結球萵苣（學名：*Lactuca sativa* var. *capitata* L.，英文：Iceberg lettuce），俗稱美生菜、包心萵苣，是一種萵苣屬蔬菜，原產地為地中海沿海、亞洲西部。2001 年以前結球萵苣在國內僅在冬季有少量生產供應內銷，作為進口替代，自 2001 年首次嘗試外銷 25 公噸成功之後，外銷量也逐年增加⁽⁴⁾。自 2005 年結球萵苣外銷出口量已成長達 1,000 公噸以上，2009 年外銷出口量突破 2,000 公噸，2010 年達 4,000 公噸以上，2013 年外銷出口量首次突破 10,000 公噸，外銷值達 980 萬美元以上；以 2013 年為例，主要外銷國家為日本，計 9,070

1. 行政院農業委員會臺南區農業改良場研究彙報第 428 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。

公噸約佔 85.3%，其次為新加坡 925 公噸約佔 8.7%，南韓 427 公噸約佔 4%⁽³⁾。臺灣結球萵苣產業從進口替代轉型為外銷為主之發展，2013 年已成為僅次於毛豆之重要外銷蔬菜。

目前結球萵苣外銷日本用途，主要供應日方截切蔬菜或加工廠之業務用，出口其他國家則以超市通路為主，前者因預冷技術改進，已簡化僅需用紙箱裝填 15 公斤重量之包裝，後者超市通路則須逐粒包裝，作業上較複雜，需仰賴大型包裝作業場所及人力⁽⁷⁾。近年來因田間生產技術多建立標準化作業，為擴大經營規模以求降低生產成本，以加速擴展其他國家行銷通路，如南韓、新加坡等市場；因此原本逐粒套袋包裝方式主要侷限於供應內銷市場，已轉變為供應外銷為主，且銷售量日益增加。惟人工逐粒包裝作業，面臨勞力短缺及包裝場空間不足，包裝速率嚴重受到限制，100 年度辦理外銷之合作社場首度由荷蘭引進自動包裝機，配合輸送帶作業方式，已大幅提升逐粒套袋的處理效率，進而提升出口至日本以外國家的銷售量⁽⁶⁾。

臺灣自 2002 年結球萵苣輸日量雖僅 47 公噸，且在 2004 年日本從他國進口結球萵苣來源國家計有美國（5,811 公噸）、臺灣（636 公噸）、南韓（240 公噸）及中國大陸（193 公噸），當年臺灣結球萵苣輸日量占總量僅約 9%，美國維持約 42%⁽¹⁴⁾。但至 2013 年臺灣結球萵苣輸日量已成長達占日本從他國進口總量約 87%，美國則降為約 11%⁽¹²⁾。

2011 年日本全年結球萵苣於市場統計總流通量，約 508,600 公噸，其中生鮮食用（一般家庭於超市購買整粒之消費）佔 450,500 公噸、加工用（經截切好產品賣給消費者）佔 20,900 公噸及業務用（餐廳使用）佔 37,200 公噸⁽¹³⁾。日本從他國進口結球萵苣總量從 2005 年近 4,000 公噸，至 2013 年已突破 12,000 公噸⁽¹²⁾。日本人在萵苣平均每人年消費量從 2004 年約 1,500 公克，至 2013 年已突破 2,000 公克⁽¹⁵⁾，顯示日本結球萵苣的消費市場仍有成長機會。日本於 2012 年 311 地震後之重要蔬菜產區受福島核電之輻射外洩汙染影響，日本民眾基於食安考量，購買進口農產品意願有增加趨勢，此外在 102 年由農糧署召開結球萵苣產銷業者座談會中，多數貿易商代表均表示臺灣冬季外銷結球萵苣仍有持續成長空間，惟需確保有穩定的產品品質。

為提升結球萵苣葉球的食用品質，98 年度臺南區農業改良場與農業試驗所共同引入計 43 個品種（系），篩選出耐熱 12 個品種（系），經夏秋二作進行區域試作，顯示「常利 3 號」及「合歡丹生 10 號」之產量及品質優良，與現行栽培種植品種「常利 6 號」相似，可推薦農民列為品種選項之一⁽¹⁰⁾。臺灣結球萵苣的主要產地在雲林縣，大都以冬季裡作栽培為主，除了與國外的生產期錯開之外，也正好是美國及歐洲等地的淡產期。

此外從日本 2001 ~ 2011 年之 11 年統計資料顯示，在東京都及大板市於每年 12 月至翌年 4 月結球萵苣之每公斤零售價格，幾乎皆在 400 日元以上，其中 12 月至翌年 2 月之每公斤零售價格，甚至可高達 600 日元以上，顯示臺灣於此段期間生產結球萵苣，供應日本之出口量仍有增長之機會⁽¹³⁾。惟秋冬季僅約四個月供貨期間內，需密集執行結球萵苣生產，又需維持高良品率及品質穩定度，面對勞力短缺，已越來越難僱請足夠勞工進行田間栽培管理工作。

為協助結球萵苣生產者降低田間施肥管理人力支出需求，且基於本場自 102 年已成功開發及發表本土化緩釋型肥料研究成果，並已成功運用於水稻栽培，達到提升產量、降低施肥量、減少人力支出與施肥次數，也具省時及節能減碳的效果⁽²⁾。因此試驗目標為提升結球萵苣生產競爭力，規劃應用緩釋型肥料以期免除必須配合天候條件及作物生長狀況進行多次追肥等麻煩措施。

緩釋型肥料源自把傳統化學肥料譬如氮素或一定比例氮、磷、鉀複合肥料，在外層包一層特殊生物或化學可水溶解聚合物膠膜，利用膜厚、顆粒半徑、擴散係數、養分組成及溶解特性，依據農作物成長養分需肥時間，控制肥料養分釋放速度和釋放量，讓肥料養分釋放速度與農作物需要可以完全配合，使肥料效能及利用率充分發揮，具有重要經濟效益及生態效益，包膜緩釋型肥料釋出時間可依技術設定長 2 個月至 2 年；其最大優點為大幅減少人力管理成本、減少人工勞動施肥次數，減少肥料使用量、減少肥料大量流失，因而節省時間、勞力、金錢⁽⁹⁾。

本研究為符合免除追肥人力支出又能維持原有產量及品質，試驗規劃計分為：一、冬作緩釋型肥料合理量施用評估、二、春作緩釋型肥料合理量施用評估及不同緩釋型肥料比較試驗及三、夏作緩釋型肥料施用評估及不同氮源組成肥料比較試驗等三項依次進行產量評估、支出效益及提升品質之可行性評估，以期持續提升臺灣外銷結球萵苣之國際競爭力。

材料與方法

一、冬作緩釋型肥料合理量施用評估

(一) 處理項目：試驗處理項目計分為：1. 臺南製緩釋型肥料處理及 2. 肥料採慣行施肥（基肥 + 3 次追肥施肥）處理。肥料施用量在

1. 臺南製緩釋型肥料處理係依據整地前土壤肥力分析結果訂定合理化施肥建議量，每 0.1 公頃計施用 N-P₂O₅-K₂O 分別為 32.6-17.3-21.6 公斤。
2. 肥料採慣行施肥（基肥 + 3 次追肥施肥）處理係由農民按照傳統習慣施肥量估算，每 0.1 公頃計施用 N-P₂O₅-K₂O 分別為 67.3-32.6-34.8 公斤。

(二) 試驗處理之肥料使用種類、數量及施用方式：

1. 臺南製緩釋型肥料處理：0.1 公頃計施用 100 公斤恆誼特 43 號含鎂鈣中性複合肥料（15-15-15-5-3）製成緩釋型肥料（包覆率 15%），96.8 公斤恆誼特高氮複合肥（23-5-10），其中 80 公斤製成製成緩釋型肥料（包覆率 17%）。所有肥料於作畦前整地階段一次撒佈施用。
2. 肥料採慣行施肥（基肥 + 3 次追肥）處理：
 - (1) 基肥（作畦前整地階段）：0.1 公頃施用施用臺肥特 5 號（16-8-12）40 公斤
 - (2) 第一次追肥（苗株定植後第 13 天）：0.1 公頃施用施用過磷酸鈣（0-18-0）30 公斤及硫酸銨（21-0-0）90 公斤。
 - (3) 第二次追肥（定植後第 26 天）：0.1 公頃施用施用臺肥特 1 號（20-5-10）120 公斤。
 - (4) 第三次追肥（定植後第 32 天）：0.1 公頃施用施用臺肥特 43 號（15-15-15）120 公斤。

二、春作緩釋型肥料合理量施用評估及不同緩釋型肥料比較試驗

(一) 處理項目：

1. 臺南製緩釋型肥料處理係依據整地前土壤肥力分析結果訂定合理化施肥建議量，每 0.1 公頃計施用 N-P₂O₅-K₂O 分別為 30.3-20.9-23.5 公斤。
2. 日本製（好幫手 1 號）緩釋型肥料處理，因僅有單種肥料配方可用，係參考臺南製緩釋型肥料處理之相同鉀肥量估算，每 0.1 公頃計施用 N-P₂O₅-K₂O 分別為 23.5-23.5-23.5 公斤。

3. 肥料採慣行施肥(3次追肥施肥)處理:係由農民按照傳統習慣施肥量估算,每0.1公頃計施用 N-P₂O₅-K₂O 分別為 40.75-21.5-22.5 公斤。

(二) 試驗處理之肥料使用種類、數量及施用方式:

1. 臺南場製緩釋型肥料處理:0.1公頃計施用 140 公斤恆誼特 43 號含鎂鈣中性複合肥料(15-15-15-5-3)及 40 公斤恆誼特高氮複合肥(23-5-10),均製成緩釋型肥料(包覆率 15%~17%),所有肥料於作畦前整地階段一次撒佈施用。

2. 日本製(好幫手 1 號)緩釋型肥料處理:0.1公頃計施用 195.83 公斤好幫手 1 號(12-12-12)緩釋型肥料,且於作畦前整地階段一次撒佈施用。

3. 肥料採慣行施肥(3次追肥)處理:

(1) 第一次追肥(苗株定植後第 10 天):0.1公頃施用海翁牌速效肥 311(30-10-10) 60 公斤。

(2) 第二次追肥(定植後第 20 天):0.1公頃施用硫酸銨(21-0-0) 25 公斤及臺肥特 5 號(16-8-12) 25 公斤。

(3) 第三次追肥(定植後第 32 天):0.1公頃施用臺肥特 43 號(15-15-15) 90 公斤。

三、夏作緩釋型肥料施用評估及不同氮源組成肥料比較試驗

(一) 處理項目:試驗處理項目計分為:1. 緩釋型肥料(氮源為銨態氮+尿素態氮)處理; 2. 肥料之氮源為銨態氮+硝酸態氮+尿素態氮之慣行施肥(2次追肥施肥)及 3. 肥料之氮源完全為銨態氮+尿素態氮之慣行施肥(2次追肥施肥)。各處理之總計施肥量,每 0.1公頃施用 N-P₂O₅-K₂O 均為 21.5-21.5-21.5 公斤。

(二) 試驗處理之肥料使用種類、數量及施用方式:

1. 緩釋型肥料(氮源為銨態氮+尿素態氮)處理:0.1公頃計施用 165 公斤恆誼特 43 號含鎂鈣中性複合肥料(15-15-15-5-3)製成緩釋型肥料(包覆率 15%),所有肥料於作畦前整地階段一次撒佈施用。

2. 肥料之氮源為銨態氮+硝酸態氮+尿素態氮之慣行施肥(2次追肥施肥):

(1) 第一次追肥(苗株定植後第 12 天):0.1公頃施用 0.1公頃計施用 71.7 公斤臺肥特 43 號含鎂複合肥料(15-15-15-4),40 公斤恆誼特高氮複合肥(23-5-10)。

(2) 第二次追肥(苗株定植後第 25 天):施用肥料種類及數量同第一次追肥。

3. 肥料之氮源完全為銨態氮之+尿素態氮慣行施肥(2次追肥施肥):

(1) 第一次追肥(苗株定植後第 12 天):0.1公頃施用 0.1公頃計施用 71.5 公斤恆誼特 43 號含鎂鈣中性複合肥料(15-15-15-5-3),40 公斤恆誼特高氮複合肥(23-5-10)。

(2) 第二次追肥(苗株定植後第 25 天):施用肥料種類及數量同第一次追肥。

四、供試品種、試驗設計及調查分析項目:

(一) 供試品種:以目前外銷結球萵苣產區主要栽培品種「常利 6 號」為材料,由臺灣合歡農產公司販售。

(二) 試驗設計:試驗設計採逢機完全區集設計,其中「冬作緩釋型肥料合理量施用評估」及「春作緩釋型肥料合理量施用評估及不同緩釋型肥料比較試驗」,每一處理計三重複;「夏作緩釋型肥料施用評估及不同氮源組成肥料比較試驗」,每一處理計四重複。

(三) 調查分析項目：葉球園藝性狀分析計含葉球重、葉球縱徑、葉球橫徑、中心柱長、中心柱重及葉片重等性狀。葉片重：以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 10 公分及寬 6 公分之長方形面積葉片後秤量所得的重量。土壤肥力分析：土壤樣品計分析 EC、pH、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 值之同一處理的 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。

結果與討論

一、冬作緩釋型肥料合理量施用評估

本項試驗目的係在比較緩釋型肥料與傳統 (慣行) 施肥之肥料使用效率。試驗處理之緩釋型肥料施肥組係根據栽種前檢測土壤肥力之分析結果，訂定合理施用肥料種類及施用量，並將預定施入田間之化學肥料加工製成緩釋型肥料，於種植前作畦前整地階段一次施入，而慣行施肥處理組依照農民栽培結球高苣之肥培管理經驗之建議施用肥料種類及施用量分基肥及三次追肥施入。

試驗苗株於 1 月 10 日定植，3 月 7 日採收。試驗分析結果如表 1 顯示，結球高苣以緩釋型肥料施肥組之葉球重、球橫徑、中心柱長及中心柱重均顯著高於慣行施肥 - 追肥三次處理組，但緩釋型肥料施肥組之球形指數則顯著低於慣行施肥處理組。

從葉球重分析比較結果，雖然緩釋型肥料施肥組於每 0.1 公頃計施用 N-P₂O₅-K₂O 分別為 32.6-17.3-21.6 公斤，慣行施肥處理組於每 0.1 公頃進行撒施基肥及三次追肥計施用 N-P₂O₅-K₂O 分別為 67.3-32.6-34.8 公斤，惟推估緩釋型肥料施肥組產量係高於慣行施肥處理組約 5.2%，顯示肥料三要素施用量增加量雖超過合理施肥量，但產量無法再提升。

外銷輸日供加工或業務用結球高苣之球形選擇，一般以圓球形為佳，扁球或高腰葉球，通常被視為次級產品⁽¹⁾。不同處理間之球縱徑及球橫徑分析比較結果，球縱徑表現相似，緩釋型肥料施肥組有較寬橫徑，且不同處理間之球形指數 (球縱徑及球橫徑比值) 亦達顯著差異，緩釋型肥料施肥組之球形近似圓球形，慣行施肥處理組之葉球略呈高球形，推測其原因可能係肥料營養元素供給量的差異所致影響。以油茶 (*Camellia oleifera*) 肥料試驗研究案例，果實形狀會顯著受到施用不同來源肥料及營養元素含量差異而影響⁽⁵⁾。

由於中心柱 (葉球內短縮莖) 長度及重量性狀表現，攸關加工步留後之可食部分殘留比率，雖然不同處理間中心柱性狀比較，顯示緩釋型肥料施肥組之中心柱重量顯著高於慣行施肥處理組，但中心柱長度及中心柱長與球高比值 (中心柱長/球高 × 100%) 相近，且而可食率 [(葉球重 - 中心柱重) / 葉球重 × 100%] 在二處理間之表現無明顯差異，可推測假定緩釋型肥料施肥組與慣行施肥處理組之葉球經加工步留比率相近。此外由於栽培期間於元月下旬即二月上旬曾遭受高於 30°C 炎熱天氣，慣行施肥處理組的頂燒症 (缺鈣症) 發生率達 5%，緩釋型肥料試驗組則無頂燒症之生理障礙發生。

依據試驗前後之土壤肥力分析報告如表 2，緩釋型肥料試驗處理之土壤 EC 值及有

效性鉀含量顯著高於慣行施肥處理組，其餘在土壤 pH 值、有機質、有效性磷、有效性鈣及有效性鎂含量表現相近，無顯著性差異。推測緩釋型肥料試驗處理於栽培採收時土壤有效性鉀流失量少於慣行施肥試驗處理組，因此土壤能留存較多有效性鉀或其它元素肥料。但也有可能植物對肥料的吸收量及土壤營養元素淋洗量低於緩釋型肥料釋放量⁽¹⁶⁾；因此土壤 EC 值也顯著高於慣行施肥處理組。

此外二種處理組之土壤 EC 值明顯增高，可能係緩釋型肥料施肥組於 0.1 公頃計施用 100 公斤恆誼特 43 號含鎂鈣中性複合肥料（15-15-15-5-3）製成緩釋型肥料，內含各約 5 公斤鎂肥及 3 公斤鈣肥；而慣行施肥試驗處理組於第一次追肥（苗株定植後第 13 天）於 0.1 公頃施用施用含鈣肥之過磷酸鈣（0-18-0）30 公斤及第三次追肥（定植後第 32 天）於 0.1 公頃施用含鎂肥之臺肥特 43 號（15-15-15）120 公斤，因此試驗結束後土壤中有有效性鈣及有效性鎂含量顯著增加，也間接導致土壤 EC 值明顯增高。

二、春作緩釋型肥料合理量施用評估及不同緩釋型肥料比較試驗

本項試驗目的係在比較緩釋型肥料（本場包膜加工肥及日本製商品肥）與傳統（慣行）施肥之肥料使用效率、高溫期生理障礙發生率及肥料支出費用。試驗處理之臺南緩釋型肥料施肥組係根據栽種前檢測土壤肥力之分析結果，訂定合理施用肥料種類及施用量，於種植前作畦前整地階段一次施入。臺南場緩釋型肥料處理組，肥料係由本場加工製備後使用；好幫手緩釋型肥料處理組係購自市售從日本進口緩釋型肥料—好幫手 1 號，因考量肥量釋放速率，僅有三要素含量平均型肥料配方可適用，且考量結球萵苣係屬結球葉菜類，鉀肥被認為對結球葉菜類之結球速率為重要的關鍵元素⁽¹⁸⁾，因此試驗遂參考臺南製緩釋型肥料處理之相同鉀肥量估算合理用量，且於作畦前整地階段一次撒佈施用。而慣行施肥處理組依照農民栽培結球萵苣之肥培管理經驗之建議施用肥料種類及施用量，且分三次追肥施入。

表 1. 結球萵苣於冬期作應用緩釋肥料施肥與慣行施肥用之葉球性狀比較^{V,W}

Table 1. Comparisons of controlled released fertilizers on head characteristics in iceberg lettuce production in winter^{V,W}

試驗項目 Treatment	葉球重 Head weight	球縱徑 Head height	球橫徑 Head width	球形指數 ^X Head index ^X	中心柱長 Core length	中心柱寬 Core Width	中心柱長度比 ^Y Core length ratio ^Y	中心柱重 Core weight	可食率 ^Z Edibility ^Z	頂燒率 Calcium deficiency rate
	(g)	(cm)	(cm)		(cm)	(cm)	(%)	(g)	(%)	(%)
緩釋肥料	880.4	16.3	15.0	1.09	3.9	3.45	0.24	43.64	94.9	0
慣行施肥	836.2	16.2	14.0	1.16	3.9	3.20	0.24	39.28	95.1	5
T-test (5%)	*	-	*	*	-	*	-	*	-	-

^V 定植日期：103 年 1 月 10 日（Transplant date: Jan. 10, 2014）

^W 採收日期：103 年 3 月 7 日（Harvest date: Mar. 7, 2014）

^X 球形指數 = 球縱徑 / 球橫徑（Head index = Head height / Head width）

^Y 中心柱長度比 = 中心柱長 / 球縱徑 × 100%（Core length ratio (%) = Core height / Core length）

^Z 可食率 = (葉球重 - 中心柱重) / 葉球重 × 100% [Edibility = (Head weight - Core weight) / Head weight × 100%]

表 2. 結球萵苣於冬期作應用緩釋肥料施肥與慣行施肥用試驗前後之土壤肥力分析^{Y,Z}Table 2. Soil analysis data before and after controlled released fertilizers trial in iceberg lettuce production in winter^{Y,Z}

處理項目 Treatment	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)
整地前	0.17	7.4	1.13	164	72	2,641	148
緩釋肥一 第 1 重複區	0.64	7.27	1.13	175	64	3,073	226
緩釋肥一 第 2 重複區	0.66	7.31	1.09	158	68	3,447	233
緩釋肥一 第 3 重複區	0.68	6.59	1.11	204	69	2,924	226
平均值	0.66 ± 0.02	7.06 ± 0.40	1.11 ± 0.02	179 ± 24	67 ± 3	3,148 ± 269	228 ± 4
慣行肥一 第 1 重複區	0.34	7.43	1.07	180	50	3,208	203
慣行肥一 第 2 重複區	0.37	7.25	1.11	193	47	3,223	214
慣行肥一 第 3 重複區	0.44	7.62	1.07	154	45	3,544	229
平均值	0.39 ± 0.05	7.43 ± 0.19	1.08 ± 0.02	176 ± 20	47 ± 3	3,325 ± 189	215 ± 13

^Y 試驗前土壤取樣日期：102 年 12 月 26 日 (Soil sampling date before trial: Dec. 26, 2013)

^Z 試驗後土壤取樣日期：103 年 3 月 7 日 (Soil sampling date after trial: Mar. 7, 2014)

試驗苗株於 2 月 24 日定植，4 月 16 日採收。試驗分析結果如表 3 顯示，結球萵苣在臺南緩釋型肥料施肥組及日本緩釋型肥料處理組之葉球重、球橫徑及中心柱重均顯著高於慣行施肥 - 追肥三次處理組，但臺南緩釋型肥料處理組及日本緩釋型肥料施肥組之球形指數則顯著低於慣行施肥處理組。

從葉球重分析比較結果，雖然臺南緩釋型肥料施肥組於每 0.1 公頃計施用 N-P₂O₅-K₂O 分別為 30.3-20.9-23.5 公斤，日本緩釋型肥料施肥組於每 0.1 公頃計施用 N-P₂O₅-K₂O 分別為 23.5-23.5-23.5 公斤，慣行施肥處理組於每 0.1 公頃進行三次追肥計施用 N-P₂O₅-K₂O 分別為 40.75-21.5-22.5 公斤，慣行施肥處理組氮肥施用量明顯高於臺南緩釋型肥料施肥組及日本緩釋型肥料施肥組。惟推估二種緩釋型肥料施肥組產量卻高於慣行施肥處理組約 17%，顯示肥料氮素肥料施用量增加量超過合理施肥量，無法提升產量。

不同處理間之球縱徑及球橫徑分析比較結果，球縱徑表現相似，二種緩釋型肥料施肥組均有顯著較寬之球橫徑，且與慣行施肥處理組之球形指數（球縱徑及球橫徑比值）亦達顯著差異，以慣行施肥處理組之葉球最近似圓球形，二種緩釋型肥料施肥組之球形雖也近似圓球形但略扁。

中心柱（葉球內短縮莖）長度及重量性狀表現，以日本緩釋型肥料處理組之中心柱長、中心柱長度比及中心柱重均顯著高於慣行施肥處理組，而日本緩釋型肥料處理組

僅於中心柱重顯著高於慣行施肥處理組。但可食率〔(葉球重－中心柱重)／葉球重×100%〕在三項處理間之表現無明顯差異，推測假定緩釋型肥料施肥組與慣行施肥處理組之葉球經加工步留比率相近。此外由於栽培期間於三月上旬已時常出現高於 30℃ 炎熱天氣，三項處理組均有發生頂燒症（缺鈣症），惟發生率均在 2% 以下。

表 3. 結球萵苣於春作緩釋肥料合理量施用評估及不同緩釋肥料比較試驗之葉球性狀比較^{V,W}
Table 3. Comparisons of the different controlled released fertilizers on head characteristics in iceberg lettuce production in winter^{V,W}

試驗項目 Treatment	葉球重 Head weight (g)	球縱徑 Head height (cm)	球橫徑 Head width (cm)	球形 指數 ^X Head index ^X	中心 柱長 Core length (cm)	中心 柱寬 Core Width (cm)	中心柱 長度比 ^Y Core length ratio ^Y (%)	中心 柱重 Core weight (g)	可食率 ^Z Edibility ^Z (%)	頂燒率 Calcium deficiency rate (%)
臺南緩釋肥	576.3	13.7	14.3	0.96	4.19	2.51	0.30	28.16	95.0	0.83
日本緩釋肥	578.6	13.6	14.3	0.96	4.52	2.53	0.33	29.26	94.8	1.66
慣行施肥	492.6	13.6	13.7	0.99	3.80	2.39	0.28	21.31	95.5	0.83
LSD (5%)	20.0	0.3	0.3	0.29	0.59	0.06	0.04	1.77	0.3	-

^V定植日期：103 年 2 月 24 日 (Transplant date: Feb. 24, 2014)

^W採收日期：103 年 4 月 16 日 (Harvest date: Apr. 16, 2014)

^X球型指數＝球縱徑／球橫徑 (Head index = Head height / Head width)

^Y中心柱長度比＝中心柱長／球縱徑×100% (Core length ratio (%) = Core height / Core length)

^Z可食率＝(葉球重－中心柱重)／葉球重×100% [Edibility = (Head weight - Core weight) / Head weight × 100%]

試驗前後之土壤肥力分析結果 (表 4) 顯示僅臺南緩釋型肥料處理組之土壤有效性鉀含量顯著高於慣行肥料處理組，其餘在有效性磷、有效性鈣及有效性鎂含量等分析結果於不同處理間無顯著性差異存在。然而若與施肥處理前之土壤肥力分析結果相比較，顯示三種處理組之 EC 值及有效性磷含量均呈顯著性增高。EC 值增高原因可能係栽培採收後仍有剩餘肥料等鹽類殘留，如磷酸鹽殘留土壤，故 EC 值升高，惟三種處理之磷肥施用量，每 0.1 公頃在臺南緩釋型肥料處理組、日本緩釋型肥料處理組及慣行肥料處理組分別為 20.9 公斤、23.5 公斤及 21.5 公斤，其栽培採收後每公斤土壤之有效性磷含量分析結果分別 105±9 毫克、114±5 毫克及 102±12 毫克，符合其施肥量變動趨勢。

土壤 pH 值變化比較，二種緩釋型肥料處理組在栽培採收後均呈顯著性降低。推測其原因可能係臺南緩釋型肥料及日本緩釋型肥料之氮源完全為銨態氮＋尿素態氮，其中銨態氮肥屬生理酸性肥料，易使土壤酸化⁽¹⁾。慣行施肥處理組，由於施用肥料氮源除硫酸銨外，另有臺肥特 5 號及臺肥特 43 號，後二者之氮源為銨態氮＋硝酸態氮＋尿素態氮，推測可能對土壤酸化影響不似二種緩釋型肥料處理組明顯。

在肥料施用量比較，應用臺南緩釋型肥料處理組每 0.1 公頃計施用 N-P₂O₅-K₂O 分別為 30.3-20.9-23.5 公斤；日本製緩釋型肥料處理組每 0.1 公頃計施用 N-P₂O₅-K₂O 分別為 23.5-23.5-23.5 公斤；慣行施肥處理組每 0.1 公頃計施用 N-P₂O₅-K₂O 分別為 40.75-21.5-22.5 公斤。臺南緩釋型肥料處理組是慣行施肥處理組的 N (74.36%)、P₂O₅

(95.35%)、 K_2O (104.44%)，臺南緩釋型肥料處理是慣行施肥處理組的 N (57.67%)、 P_2O_5 (109.3%)、 K_2O (104.44%)，顯示應用臺南緩釋型肥料處理組具有明顯節肥效果。

表 4. 結球萵苣於春作緩釋肥料合理量施用評估及不同緩釋型肥料比較試驗前後之土壤肥力分析^{Y,Z}

Table 4. Soil analysis data before and after the different controlled released fertilizers trial in iceberg lettuce production in winter^{Y,Z}

處理項目 Treatment	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)
整地前	0.50	7.70	1.59	52	68	2,866	377
臺南場緩釋肥 —第 1 重複區	0.86	6.66	1.47	114	71	2,385	361
臺南場緩釋肥 —第 2 重複區	0.93	6.94	1.63	104	66	2,818	425
臺南場緩釋肥 —第 3 重複區	0.84	7.15	1.65	96	59	3,059	466
平均值	0.88 ± 0.05	6.92 ± 0.25	1.58 ± 0.10	105 ± 9	65 ± 6	2,754 ± 342	417 ± 53
好幫手緩釋肥 —第 1 重複區	0.77	7.10	1.47	114	55	2,464	347
好幫手緩釋肥 —第 2 重複區	0.76	7.13	1.53	115	64	2,576	360
好幫手緩釋肥 —第 3 重複區	0.69	7.66	1.79	115	62	2,622	379
平均值	0.74 ± 0.05	7.30 ± 0.32	1.60 ± 0.17	114 ± 5	60 ± 5	2,554 ± 81	362 ± 16
慣行肥 —第 1 重複區	0.80	6.56	1.51	116	58	2,446	362
慣行肥 —第 2 重複區	0.90	6.96	1.57	99	48	2,412	389
慣行肥 —第 3 重複區	0.79	7.32	1.65	91	45	2,850	396
平均值	0.83 ± 0.06	6.95 ± 0.38	1.58 ± 0.07	102 ± 12	50 ± 7	2,570 ± 244	382 ± 18

^Y 試驗前土壤取樣日期：103 年 2 月 4 日 (Soil sampling date before trial: Feb. 4, 2014)

^Z 試驗後土壤取樣日期：103 年 4 月 16 日 (Soil sampling date after trial: Apr. 16, 2014)

肥料費用支出費用分析如下：

1. 臺南緩釋型肥料處理組：0.1 公頃計施用 140 公斤恆誼特 43 號含鎂鈣中性複合肥料，每包 40 公斤售價 450 元，費用等於 140 公斤 × 450 元 / 40 公斤 × 85% = 1,338.75 元；40 公斤恆誼特高氮複合肥，每包 40 公斤售價 450 元，二種重量均含包覆率約 15%。費用等於 40 公斤 × 400 元 / 40 公斤 × 85% = 340 元；不含控釋肥包膜材料與製作費

- 小計等於 $1,338.75 \text{ 元} + 340 \text{ 元} = 1,678.75 \text{ 元}$ 。目前本場已辦理技轉，已知肥料廠商規劃緩釋型肥料每公斤售價可能為 50 元，故暫估計所需總費用為每 0.1 公頃需 9,000 元。
2. 日本緩釋型肥料處理組：緩釋型肥料於整地作畦前施入，0.1 公頃計施用 195.83 公斤好幫手 1 號，每包 20 公斤售價 1,500 元。費用等於每 0.1 公頃需 $195.83 \text{ 公斤} \times 1,500 \text{ 元} / 20 \text{ 公斤} = 14,687.25 \text{ 元}$ 。
3. 慣行施肥處理組：每 0.1 公頃計施 60 公斤海翁牌速效肥 311，每包 10 公斤售價 450 元，費用等於 $60 \text{ 公斤} \times 450 \text{ 元} / 10 \text{ 公斤} = 2,700 \text{ 元}$ ；25 公斤硫酸銨，每包 40 公斤售價 285 元，費用等於 $25 \text{ 公斤} \times 285 \text{ 元} / 40 \text{ 公斤} = 178.125 \text{ 元}$ ；25 公斤臺肥特 5 號，每包 40 公斤售價 425 元，費用等於 $25 \text{ 公斤} \times 425 \text{ 元} / 40 \text{ 公斤} = 265.625 \text{ 元}$ ；90 公斤臺肥特 43 號每包 40 公斤售價 566 元，費用等於 $90 \text{ 公斤} \times 566 \text{ 元} / 40 \text{ 公斤} = 1,273.5 \text{ 元}$ ，合計每 0.1 公頃肥料支出費用為 4,417.25 元。若加上三次追肥人工費用，每 0.1 公頃每次追肥費用為 150 元。二次計 300 元（不含第一次施用即溶肥料人工費用），總計每 0.1 公頃需 4,717.25 元。

三、夏作緩釋型肥料施用評估及不同氮源組成肥料比較試驗

本項試驗除接續冬作及春作之後，進行夏作緩釋肥施用評估，也為比較不同氮源組成對萵苣葉球品質—葉片厚度之影響，主要由於本項研究在第一次「冬作緩釋型肥料合理量施用評估」及第二次「春作緩釋型肥料合理量施用評估及不同緩釋型肥料比較試驗」，生產者及貿易商均反應緩釋型肥料處理組之葉片略薄於慣行施肥處理組。根據文獻在核桃 (Pecan) 以不同銨氮 / 硝氮比例之氮源組成肥料比較研究指出，苗株在較高的銨氮 / 硝氮比氮肥環境，比葉重 (specific leaf weight) 最低，即單位面積的葉片重最低⁽¹⁷⁾。推測緩釋型肥料處理組結球萵苣葉片偏薄所致原因，可能係因緩釋型肥料處理組，基於緩釋肥包膜之良率，選用肥料粒徑顆粒大小一致性高之「恆誼牌」複合肥料為材質進行包膜加工，惟該廠牌複合肥料之氮源完全為銨態氮 + 尿素態氮；然而二次試驗之慣行施肥處理處，二位農民均選用「臺肥牌」複合肥料，該廠牌含「特」字標示複合肥料之氮源為銨態氮 + 硝酸態氮 + 尿素態氮，較前者增加硝酸態氮成分⁽⁸⁾。

此外本次試驗不論緩釋型肥料處理組或慣行肥處理組，統一依據栽種前檢測土壤肥力之分析結果，訂定合理施用肥料施用量，故不同處理組之肥料三要素 (N-P₂O₅-K₂O) 之單位土地用量均相同，以排除肥料施用量差異對產量及品質之影響。試驗處理之緩釋型肥料施肥組之氮源為銨態氮 + 尿素態氮，肥料以「恆誼牌」複合肥料為材料。慣行肥處理組又區分二種處理，一為以「臺肥牌」複合肥料為材料，其氮源為銨態氮 + 硝酸態氮 + 尿素態氮；另一為以「恆誼牌」複合肥料為材料，其氮源為銨態氮 + 尿素態氮。

試驗苗株於 4 月 24 日定植，6 月 4 日採收。試驗分析結果如表 5 顯示，結球萵苣在緩釋型肥料施肥組及臺肥慣行肥處理組在葉球重、球縱徑、球橫徑及葉片重均顯著高於臺肥慣行肥處理組，其中在葉球重比較以及中心柱長度比 (%) 比較，緩釋型肥料施肥組皆顯著高於臺肥慣行肥處理組，然在葉片重比較則臺肥慣行肥處理組顯著高於緩釋型肥料施肥組。

雖然三種處理組之每 0.1 公頃均施用 N-P₂O₅-K₂O 分別為 21.5-21.5-21.5 公斤，但葉球重分析比較結果，顯示使用肥料之氮源含有硝酸態氮之臺肥慣行肥料處理組有顯著增進葉球重效果，而使用氮源未含有硝酸態氮之緩釋型肥料處理組，因緩釋型肥料可配合作物生長，緩慢釋出肥效，有更顯著增進葉球重效果。而臺肥慣行肥料處理組及

緩釋型肥料處理組均有增大葉球縱徑及橫徑效果，但三種處理組之球形指數相似，顯示葉球重增加係由於葉球徑增大所致。

中心柱（葉球內短縮莖）性狀表現比較，雖然臺肥慣行肥料處理組及緩釋型肥料處理組之中心柱長度及重量性狀表現，均顯著高於恆誼慣行肥料處理組，但中心柱長度比（中心柱長／球縱徑）及可食率〔（葉球重－中心柱重）／葉球重 × 100%〕在三處理間之表現無明顯差異，推測中心柱長度及重量性狀表現增加可能與葉球體積及重量均勻增大生長有關。此外由於栽培期間於四月下旬至六月上旬期間，氣溫已時常出現高於 35℃ 炎熱天氣，三處理組均有發生頂燒症（缺鈣症），發生率均在 5% 以上，以使用肥料之氮源含有硝酸態氮之臺肥慣行肥料處理組之頂燒症發生率達 20% 最高，且顯著高於使用氮源未含有硝酸態氮之恆誼慣行肥料處理組。

表 5. 結球萵苣於夏作緩釋肥料施用評估及不同氮源組成肥料比較試驗之葉球性狀比較^{V,W}

Table 5. Comparisons of different types of nitrogen fertilizers on head characteristics in iceberg lettuce production in winter^{V,W}

試驗項目 Treatment	葉球重 Head weight	球縱徑 Head height	球橫徑 Head width	球形指數 ^X Head index ^X	中心柱長 Core length	中心柱寬 Core Width	中心柱長度比 ^Y Core length ratio ^Y	中心柱重 Core weight	可食率 ^Z Edibility ^Z	葉片重 Leaf weight	頂燒率 Calcium deficiency rate
	(g)	(cm)	(cm)		(cm)	(cm)	(%)	(g)	(%)	(g)	(%)
緩釋肥	367.0	11.07	11.5	0.966	9.70	2.16	0.87	23.53	93.2	3.79	6.7 ± 5.4
臺肥慣行肥	343.0	11.02	11.69	0.952	9.52	2.15	0.86	21.71	93.3	4.24	20.0 ± 9.4
恆誼慣行肥	309.5	10.58	11.14	0.958	8.64	2.14	0.82	19.46	93.2	3.47	5.0 ± 4.3
LSD (5%)	19.9	0.24	0.31	0.289	0.52	0.06	0.05	1.31	0.6	0.21	-

^V 定植日期：103 年 4 月 24 日（Transplant date: Apr. 24, 2014）

^W 採收日期：103 年 6 月 4 日（Harvest date: Jun. 4, 2014）

^X 球形指數 = 球縱徑 / 球橫徑（Head index = Head height / Head width）

^Y 中心柱長度比 = 中心柱長 / 球縱徑 × 100%（Core length ratio (%) = Core height / Core length）

^Z 可食率 = （葉球重 - 中心柱重） / 葉球重 × 100%〔Edibility = (Head weight - Core weight) / Head weight × 100%〕

試驗前後之土壤肥力分析結果如表 6，顯示緩釋型肥料處理組及臺肥慣行肥料處理組之有效性鉀含量較試驗前含量顯著提升，且高於恆誼慣行肥料處理組。有效性鈣含量僅在緩釋型肥料處理組及恆誼慣行肥料處理組較試驗前土壤分析結果均有增加，但以恆誼慣行肥料處理組之增加幅度最高，且顯著高於恆誼慣行肥料處理組。推測可能係緩釋型肥料處理組及恆誼慣行肥料處理組於每 0.1 公頃皆有補充氧化鈣 4.29 公斤有關。然而有效性鎂含量在三處理組均較試驗前土壤分析結果有顯著性降低，雖然緩釋型肥料處理組及恆誼慣行肥料處理組於每 0.1 公頃皆有補充氧化鎂 7.15 公斤，臺肥慣行肥料處理組於每 0.1 公頃皆有補充氧化鎂 5.72 公斤，但可能因高溫多雨梅雨時期，仍不足以提供作物生長所需或有部分流失所致。

表 6. 結球高苣於夏作緩釋肥料施用評估及不同氮源組成肥料比較試驗之土壤肥力分析^{Y,Z}Table 6. Soil analysis data before and after different types of nitrogen fertilizers trials on head characteristics in iceberg lettuce production in winter^{Y,Z}

處理項目 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)
整地前	0.59	7.34	1.69	--	175	63	2,473	344
緩釋肥 (恆誼) —第 1 重複區	0.56	7.55	1.87	6.14	184	82	2,844	179
緩釋肥 (恆誼) —第 2 重複區	0.51	7.22	1.89	7.05	188	104	2,486	180
緩釋肥 (恆誼) —第 3 重複區	0.56	7.13	1.77	6.00	202	95	2,475	165
緩釋肥 (恆誼) —第 4 重複區	0.47	7.10	1.75	7.64	197	86	2,425	168
平均值	0.53 ± 0.04	7.25 ± 0.21	1.82 ± 0.07	6.71 ± 0.78	192 ± 8	92 ± 10	2,558 ± 193	173 ± 8
慣行肥 (臺肥) —第 1 重複區	0.51	7.43	1.76	6.88	176	68	2,618	231
慣行肥 (臺肥) —第 2 重複區	0.52	7.32	1.73	7.10	180	80	2,357	175
慣行肥 (臺肥) —第 3 重複區	0.48	7.24	1.79	7.63	190	120	2,312	177
慣行肥 (臺肥) —第 4 重複區	0.51	7.03	1.85	7.29	207	109	2,477	179
平均值	0.51 ± 0.02	7.26 ± 0.17	1.78 ± 0.05	7.22 ± 0.32	188 ± 14	94 ± 24	2,441 ± 137	190 ± 27
慣行肥 (恆誼) —第 1 重複區	0.50	7.61	1.79	6.98	172	81	2,713	239
慣行肥 (恆誼) —第 2 重複區	0.58	7.50	1.81	6.65	208	71	2,779	188
慣行肥 (恆誼) —第 3 重複區	0.54	7.52	1.82	5.52	177	63	2,965	190
慣行肥 (恆誼) —第 4 重複區	0.72	7.41	1.74	5.84	181	61	3,060	183
平均值	0.59 ± 0.1	7.51 ± 0.08	1.79 ± 0.04	6.25 ± 0.68	184 ± 16	69 ± 9	2,879 ± 161	200 ± 26

^Y 試驗前土壤取樣日期：103 年 4 月 6 日 (Soil sampling date before trial: Apr. 6, 2014)^Z 試驗後土壤取樣日期：103 年 6 月 4 日 (Soil sampling date after trial: Jun. 4, 2014)

基於不同氮源組成肥料之高苣栽培效果比較目的，試驗後之土壤無機態氮含量及所含氨態氮及硝酸態氮存量結果如表 7，顯示三種處理間之前述項目分析結果均無顯著差異，雖然試驗前土壤樣品疏漏分析土壤無機態氮含量及所含氨態氮及硝酸態氮存量，但

若與前二次試驗研究，第一次「冬作緩釋型肥料合理量施用評估」及第二次「春作緩釋型肥料合理量施用評估及不同緩釋型肥料比較試驗」之試驗後土壤 EC 值呈顯著增高相比，本次試驗前後之 EC 值相似，推測其土壤無機態氮含量可能也相近。

表 7. 結球萵苣於春作緩釋肥料合理量施用評估及不同緩釋肥料比較試驗後之土壤無機態氮含量分析^Z

Table 7. Soil analysis data of organic nitrogen after different types of nitrogen fertilizers trials in iceberg lettuce production in winter^Z

處理項目 Treatment	無機態氮 inorganic nitrogen (ppm)	銨氮 Ammonium nitrogen (ppm)	硝氮 Nitrate nitrogen (ppm)	銨氮 / 硝氮 Ammonium/ nitrate
整地前	--	175	63	2,473
緩釋肥 (恆誼) 一第 1 重複區	6.14	184	82	2,844
緩釋肥 (恆誼) 一第 2 重複區	7.05	188	104	2,486
緩釋肥 (恆誼) 一第 3 重複區	6.00	202	95	2,475
緩釋肥 (恆誼) 一第 4 重複區	7.64	197	86	2,425
平均值	6.71 ± 0.78	192 ± 8	92 ± 10	2,558 ± 193
慣行肥 (臺肥) 一第 1 重複區	6.88	176	68	2,618
慣行肥 (臺肥) 一第 2 重複區	7.10	180	80	2,357
慣行肥 (臺肥) 一第 3 重複區	7.63	190	120	2,312
慣行肥 (臺肥) 一第 4 重複區	7.29	207	109	2,477
平均值	7.22 ± 0.32	188 ± 14	94 ± 24	2,441 ± 137
慣行肥 (恆誼) 一第 1 重複區	6.98	172	81	2,713
慣行肥 (恆誼) 一第 2 重複區	6.65	208	71	2,779
慣行肥 (恆誼) 一第 3 重複區	5.52	177	63	2,965
慣行肥 (恆誼) 一第 4 重複區	5.84	181	61	3,060
平均值	6.25 ± 0.68	184 ± 16	69 ± 9	2,879 ± 161

^Z 試驗後土壤取樣日期：103 年 6 月 4 日 (Soil sampling date after trial: Jun. 4, 2014)

結 論

結球萵苣應用緩釋型肥料試驗結果顯示比一般傳統肥料施肥法有下列優點：1. 降低肥料三要素施用量，甚至可節省高達約 35%、2. 顯著提升產量（葉球重）及 3. 免除必須配合天候及作物生長期之人工追肥操作，每公頃另可節省 4,500 元施追肥費用。惟緩釋型肥料目前

單價仍偏高，且因傳統化學肥料尚有政府補貼以壓低售價，緩釋型肥料基於成本考量目前尚不易推廣應用，但考量冬作及春作結球萵苣應用緩釋型肥料，有增高土壤 EC 值，推測現階段緩釋型肥料推薦合理化施肥量可能仍偏高，應進一步尋求適度降低使用量達精確推薦合理化施肥量，且根據外銷結球萵苣生產業者訪談結論，若能縮小緩釋型肥料與傳統化學肥料在每 0.1 公頃肥料費用差距在 2,000 元之內，將有較大的推廣應用機會及經濟效益。

致 謝

感謝本場作物改良課蔬菜研究室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分析。另特別感謝雲林縣麥寮果菜合作社提供試驗田進行本研究之三項試驗工作及提供實務建議。

引用文獻

1. 王鐘和。2010。蔬菜有機栽培之土壤肥培管理技術。蔬菜園土壤肥料管理手冊 p.1-11。
2. 江汶錦、黃瑞彰。2011。緩釋型肥料應用於水稻栽培之研究。行政院農業委員會臺南區農業改良場研究彙報 58：40-49。
3. 行政院農業委員會。2013。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>。
4. 何偉真。2006。臺灣冬季生產結球萵苣外銷之探討。中國園藝 52(3)：277-290。
5. 李青、胡冬南、張慧、龔麗娜、楊浪、施曉雲、牛德奎。2012。不同類型肥料對油茶春梢生長和果形指數及果實產量的影響。經濟林研究 30(4)：36-40。
6. 林棟樑、謝明憲。2012。臺灣外銷結球萵苣採後處理技術發展之探討。園產品採後處理技術研討會專刊。國立屏東科技大學農園生產技術系主編 p.141-145。
7. 林煥章。2009。結球萵苣產銷概況與輔導措施執行情形。農政與農情 204：51-54。
8. 林學正。2002。硝磷系複肥與銹磷系複肥之比較。臺肥月刊 43:7。<http://www.taifer.com.tw/search/043007/64.htm>。
9. 范倩瑋。2012。包膜緩釋型肥料的效益與展望之探討。新竹專研中心結訓報—試論臺肥研發。<http://www.taifer.com.tw/search/049003/50.html>。
10. 許涵鈞、謝明憲、林棟樑、王三太。2010。耐熱結球萵苣引種觀察比較試驗。行政院農業委員會臺南區農業改良場研究彙報 55：36-43。
11. 栃木県農業試験場。2007。春レタス2月どりの優良品種選定。栃木県農業試験場—研究成果集 26 號 p.10-11。
12. 関東農政局生産部園芸特産課。2014 野菜の輸入動向（月間速報 No.131）。http://www.maff.go.jp/kanto/seisan/engei/yasai-yunyu/pdf/getuhou_131.pdf。
13. 獨立行政法人—農畜産業振興機構。2012。野菜情報—別冊統計資料 pp.154。
14. 獨立行政法人—農畜産業振興機構。2013。レタスの需給動向。野菜情報—今月の野菜。<http://vegetable.alic.go.jp/yasaijoho/yasai/1306/yasai1.html>。

15. 獨立行政法人—農畜産業振興機構。2014。最近の消費・輸入動向等について。http://www.alic.go.jp/content/000108271.pdf。
16. Bayer, A., K. Whitaker, M. Chappell, J. Ruter and M.W. van Iersel, 2014. Effect of irrigation duration and fertilizer rate on plant growth, substrate solution EC and leaching volume. *Acta Horticultural* 1034: 477-484.
17. Kim, T., 2000. Nutritional and developmental studies in pecan: studies on zinc, nitrogen and seasonal fluctuation of carbohydrate and nutrients. University of Georgia Theses and Dissertations. pp.119 https://getd.libs.uga.edu/pdfs/kim_tehryung_200012_phd.pdf.
18. Ryu, H.D., C.S. Lim, M.K. Kang and S.I. Lee, 2012. Evaluation of struvite obtained from semiconductor wastewater as a fertilizer in cultivating Chinese cabbage. *J. Hazardous Materials* 221/222:248-255.

Application of Controlled Released Fertilizers for Iceberg Lettuce Cultivation¹

Hsieh M. H. and W. J. Jiang²

Abstract

The purpose of this project was to reduce the impact of labor shortage in iceberg lettuce production for exportation by using controlled released fertilizers. We expected that the fertilization would be reduced from three or four applications to one application during period of iceberg lettuce cultivation. The principal methods include (1) evaluating the efficacy of the controlled released fertilizers through calculated application in winter, (2) estimating the cost and efficacy of the different controlled released fertilizers through the calculated application in spring and (3) investigating the influence of different types of nitrogen fertilizer on head quality in summer. Results showed that the treatment of controlled released fertilizer through calculated application had significantly increased the head weight and reduced the fertilizer consumption by approximately 51.6%-46.9%-37.9% with N-P₂O₅-K₂O in winter cultivation. In spring cultivation, the treatments of two different brands of controlled released fertilizers also had significantly increased the head weight and reduced the fertilizer consumption by approximately 25.6%-4.7% with N-P₂O₅. However, the least possible cost of locally produced controlled released fertilizers approximately doubles that of traditional common fertilizers. In summer cultivation, the treatment of controlled released fertilizer without nitrate nitrogen also had significantly increased the head weight compared to a traditional fertilizing treatment that contained nitrate nitrogen and one that did not. In the treatment of controlled released fertilizer without nitrate nitrogen, the leaf weight was significantly higher than the traditional fertilizing treatment without nitrate nitrogen, but significantly less than the traditional fertilizing treatment with nitrate nitrogen. This research had proven that the application of the controlled released fertilizers increased yield as well as soil EC and decreased the fertilizer consumption. However, the higher cost of the controlled released fertilizers was still the main issue. In the future, the controlled released fertilizers through accurate application should be evaluated more to study whether fertilizer consumption can be reduce more or not. Using increased controlled released fertilizers use can be realized in iceberg lettuce cultivation for exportation and increase the competitiveness of the export vegetable industry.

Key words: Iceberg Lettuce, Controlled Released Fertilizers, Yield

Accepted for publication: October 18, 2014

1 Contribution of No.428 from Tainan District Agricultural Research and Extension Station.

2 Associate Scientist and Chief and Assistant Scientist, Tainan District Agricultural Research and Extension Station, COA.