

# 結球萵苣畦內一次施肥取代多次追肥效益評估<sup>1</sup>

謝明憲、林經偉、江汶錦、李健<sup>2</sup>

## 摘 要

謝明憲、林經偉、江汶錦、李健。2018。結球萵苣畦內一次施肥取代多次追肥效益評估。臺南區農業改良場研究彙報 71：34-45。

研究目的為降低外銷結球萵苣生產專區因不同農戶肥培差異而影響產量及品質之穩定性，亦減輕肥料價格上漲及施肥人力短缺之衝擊。研究策略為比較三要素不同配比之肥料在定植前於畦內一次施用與定植後人工多次追肥之產量差異。結果顯示 2016 年 11 月 6 日及翌年 3 月 15 日定植後約 43 日採收，每 0.1 公頃於畦內局部一次施用 80 或 60 公斤肥與對照組三次追施 240 公斤肥於平均葉球重間無差異。12 月 25 日定植後 54 ~ 59 日採收，每 0.1 公頃於畦內一次施 120 公斤肥料處理，雖與對照組三次追肥 300 公斤者在平均葉球重間無差異，但畦內一次施 60 公斤肥料處理，僅施平均量肥料及高氮鉀比肥料者與對照組在平均葉球重間無差異。本研究結果證實於畦內一次施肥具有取代多次追肥之效益，且減少肥料施用量達 50% 以上。

**現有技術：**結球萵苣傳統栽培模式採多次追肥，供植株生長所需營養，目前雖有應用緩釋肥料之一次施用技術，但因價格約為一般肥料之 8 倍以上，故仍難大面積推廣應用於栽培期短於 2 個月之作物。

**創新內容：**藉由作畦暨施肥曳引機同步作業之畦內一次施肥技術，證實其葉球重及品質不亞於採多次追肥之傳統栽培模式，並有效減少肥料施用量達 50%。

**對產業影響：**應用畦內局部一次施肥技術，可有效減少肥料施用量及降低人力短缺之衝擊，也有助於提升蔬菜產業競爭力。

**關鍵字：**結球萵苣、畦內施肥、節肥

接受日期：2017 年 11 月 13 日

1. 行政院農業委員會臺南區農業改良場研究報告第 485 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、助理研究員、助理研究員。712 臺南市新化區牧場 70 號。

## 前 言

臺灣結球萵苣產業從民國 2001 年起發展以替代進口，迄今已拓展成為外銷型產業<sup>(2)</sup>。2013 年起外銷出口量已突破 10,000 公噸以上，外銷值達 960 萬美元以上<sup>(1)</sup>。但該產業面臨從業人力老化或短缺，且逐年加劇，因所需作業人員並非全年受到雇用。現今留在農村之人力多數為中老年人，造成生產效率偏低。目前生產團體之田間定植及採收人力來源，仍以當地製作農戶之農村婦女為主，且採收人員之平均年齡達 60 歲以上，菜苗定植人員更達 65 歲以上，人力老化已相當嚴重；另能於田間施肥及中耕操作、具體力佳及經驗豐富的人員更形短缺<sup>(4)</sup>。故產業迫切需要導入操作機械或輔具取代人力作業，建立省工作業模式及改進施肥與栽培管理技術，降低種植、施肥及採收等作業不易雇請足夠合適勞工之風險，以維持產品之高良品率及品質穩定度。

結球葉菜類於栽培畝(畦)內局部施肥具有減少肥料總施量之成效，日本於甘藍一次施肥研究報導畦內局部施肥較全層施肥減少 50% 總施肥量，且可維持相同之葉球產量<sup>(8)</sup>。在結球萵苣則有研究報告指出局部施肥較全層施肥法減少 20% ~ 40% 總施肥量，且可維持相似葉球重<sup>(5,7)</sup>。基於臺南區農業改良場在外銷結球萵苣產區評估緩釋肥之應用效益，已證實種植整地前將緩釋肥以全層一次施入，可取代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的傳統施肥<sup>(3)</sup>。惟目前市售緩釋肥價格逐年增高，成為推廣普及應用之瓶頸，有待克服。

為再降低施肥成本，本研究著重結球萵苣省工生產，除導入作畦暨施肥同步作業機具應用，建置省工施肥作業模式；也評估應用畦內一次局部施肥取代傳統多次追肥之省工效益；並比較該施肥法不同施肥用量之產量差異，期有效減少肥料總施用量，建立可普及應用之省工節肥施用技術。

## 材料與方法

### 一、畦內局部一次施肥之秋植試驗

- (一) 試驗設計及執行日程：田間試驗規劃均採完全逢機設計，每一處理計 3 重複。定植日期為 2016 年 11 月 6 日，採收調查日期分別為 2016 年 12 月 15 日(定植後 40 日)及 12 月 22 日(定植後 47 日)，每一處理之每一重複均各採收 120 株調查性狀。
- (二) 試驗處理：下列第 1 至 3 項皆為一次施肥處理組，均各再區分為 0.1 公頃於畦內局部一次施用 80 及 60 公斤等 2 小項；第 4 項為對照組。
  1. 臺肥 1 號複合肥組：其氮磷鉀三要素配比为 20% - 5% - 10%。
  2. 臺肥 43 號複合肥組：其氮磷鉀三要素配比为 15% - 15% - 15%。
  3. 臺肥 4 號複合肥組：其氮磷鉀三要素配比为 11% - 5.5% - 22%。
  4. 農民三次追肥組：其氮磷鉀三要素配比为 17% - 6.7% - 8%，0.1 公頃計施用硫酸銨 60 公斤、過磷酸鈣 20 公斤、臺肥 5 號複合肥料 160 公斤，合計 240 公斤。

### 二、畦內全層與局部一次施肥比較之冬植試驗

- (一) 試驗設計及執行日程：田間試驗規劃皆採完全逢機設計，每一處理計 3 重複。定植日期為 2016 年 12 月 25 日，採收調查日期分別為 2017 年 2 月 17 日(定植後 54 日)

及 2 月 22 日 (定植後 59 日)，每一處理之每一重複均各採收 120 株調查性狀。

(二) 試驗處理：下列第 1 至 3 項皆為一次施肥處理組，均各再區分為 0.1 公頃于畦內全層一次施用 120 及 60 公斤、局部一次施用 60 公斤等 3 小項；第 4 項為對照組。

1. 臺肥 1 號複合肥組：其氮磷鉀三要素配比为 20% - 5% - 10%。
2. 臺肥 43 號複合肥組：其氮磷鉀三要素配比为 15% - 15% - 15%。
3. 臺肥 4 號複合肥組：其氮磷鉀三要素配比为 11% - 5.5% - 22%。
4. 農民人工三次追肥組：其氮磷鉀三要素配比为 17% - 5.9% - 7.8%，0.1 公頃計施用硫酸銨 (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) 234 公斤，合計 302 公斤。

### 三、畦內全層與局部一次施肥比較之春植試驗

(一) 試驗設計及執行日程：田間試驗規劃皆採完全隨機設計，每一處理計 3 重複。定植日期為 2017 年 3 月 15 日，採收調查日期為 2017 年 4 月 27 日 (定植後 43 日)，每一處理之每一重複均各採收 120 株調查性狀。

(二) 處理項目：下列第 1 至 5 項皆為一次施肥處理組，其中第 1、2、4 及 5 項均為 0.1 公頃於畦內局部一次施用 60 公斤單項處理，第 3 項則再區分為全層一次施用 80 公斤、局部一次施用 80 公斤及 60 公斤等 3 小項；第 6 項為對照組。

1. 臺肥 1 號複合肥組：其氮磷鉀三要素配比为 20% - 5% - 10%。
2. 臺肥 43 號複合肥組：其氮磷鉀三要素配比为 15% - 15% - 15%。
3. 臺肥 4 號複合肥組：其氮磷鉀三要素配比为 15% - 15% - 15%。
4. 臺南場 43 號緩釋肥組：其氮磷鉀三要素配比为 15% - 15% - 15%。
5. 臺南場 4 號緩釋肥組：其氮磷鉀三要素配比为 11% - 5.5% - 22%。
6. 農民人工三次追肥組：其氮磷鉀三要素配比为 15.6% - 7.9% - 9%，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、臺肥特 1 號 (20 - 5 - 10) 28 公斤及臺肥特 5 號 (16 - 8 - 12) 160 公斤。合計 244 公斤。

### 四、供試品種及調查分析項目

(一) 供試品種：外銷結球萵苣產區主要栽培品種「常利六號」，由臺灣合歡農產公司販賣。

(二) 調查分析項目：葉球園藝性狀調查包括葉球重、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 公分之圓形面積 (80 cm<sup>2</sup>) 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。其中同一處理的土壤 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、畦內一次施肥之秋植評估

此試驗首要目的係評估於臺灣結球萵苣生產導入畦內局部一次施肥之可行性，在秋植溫度仍偏高季節，選擇土壤肥力之無機態氮及有效性鉀含量較低之農田進行試驗，以

利確認局部一次施肥選用三要素配比差異之肥料是否影響結球萵苣之產量與品質，其次為比較不同施用量對葉球重之影響程度。

表 1 結果顯示，秋植於定植後 40 日採收，施用不同種類肥料之葉球重均以高氮肥（臺肥 1 號複合肥）於 0.1 公頃局部一次施用 80 公斤組最高（457.2 公克）、施用 60 公斤組（441.1 公克）次之，其中臺肥 1 號複合肥施用 80 公斤組之葉球重均顯著高於其它不同種肥料處理組及對照組（三次追肥）；其餘性狀（如球縱徑、球橫徑及中心柱長等）在各處理組間雖有高低差異，但均未達統計之顯著性差異水準。

表 1. 結球萵苣應用三要素不同配比肥料於畦內一次施肥之秋植園藝特性<sup>T</sup>

Table 1. Horticultural characters of iceberg lettuce grown with single application of different fertilizers in ridge in autumn<sup>T</sup>

栽培期間 Cultivation duration (days)	處理 <sup>W</sup> Treatment	施肥量 Fertilizer amounts kg/0.1 ha	葉球重 Heat weight (g)	葉片重 Leaf weight (g/60 cm <sup>2</sup> )	正常球 形率 Rate of normal head (%)	球縱徑 Head height (cm)	球橫徑 Head width (cm)	球形 指數 <sup>X</sup> Head shape index	結球 緊度 <sup>Y</sup> Head density	中心柱 長度比 <sup>Z</sup> Core length ratio	中心柱長 Core length (cm)
40 <sup>U</sup>	臺肥 1 號	80	457.2	7.5	48.3	12.4	13.6	0.91	0.33	0.27	3.3
		60	441.1	8.1	42.2	12.7	13.9	0.92	0.35	0.28	3.5
	臺肥 43	80	415.3	7.9	46.7	12.3	13.5	0.91	0.34	0.29	3.6
		60	384.8	7.9	43.3	12.4	13.6	0.92	0.33	0.25	3.1
	臺肥 4 號	80	400.6	7.6	40.0	12.1	14.0	0.87	0.33	0.25	3.1
		60	372.2	7.8	46.7	12.2	13.9	0.89	0.30	0.24	2.9
	人工追肥	240	394.7	7.6	40.0	12.1	14.2	0.85	0.31	0.24	2.9
	LSD	(p = 0.05)	41.8	1.2	8.9	0.9	1.3	0.09	0.07	0.05	0.7
47 <sup>V</sup>	臺肥 1 號	60	594.0	7.2	41.1	12.6	13.8	0.91	0.47	0.35	4.4
		40	494.6	6.2	44.4	11.9	13.4	0.90	0.45	0.35	4.2
	臺肥 43 號	60	546.4	6.7	48.9	12.7	13.9	0.92	0.43	0.35	4.4
		臺肥 4 號	60	547.7	7.0	46.7	12.3	14.2	0.86	0.42	0.31
	人工追肥	240	557.7	6.8	41.1	12.4	14.0	0.89	0.44	0.33	4.1
		LSD	(p = 0.05)	62.6	1.4	11.3	0.9	1.4	0.09	0.08	0.08

<sup>T</sup> 定植日期：2016 年 11 月 6 日 (Transplant date: Nov. 6, 2016)；U40 日採收日期：2016 年 12 月 15 日 (Harvested 40 days after transplant: Dec. 15, 2016)；V47 日採收日期：2016 年 12 月 22 日 (Harvested 47 days after transplant: Dec. 22, 2016)；W 肥料之氮磷鉀三要素含量 (%) (Nitrogen, phosphorous, potassium percentage of fertilizer)：臺肥 1 號：20-10-10；臺肥 43 號：15-15-15；臺肥 4 號：11-5.5-22 [以上均為畦內局部 1 次施肥 (All of the above were fertilized in ridge one time)]；人工追肥：17-6.7-8 [栽培期分三次追肥 (Fertilized in furrow three times during cultivation period)]；X 球形指數 = 球縱徑 / 球橫徑 (Head index = Head height / Head width)；Y 結球緊度 = 葉球重 / [( $\pi \times$  球縱徑  $\times$  球橫徑  $\times$  球橫徑) / 6] (Head density = [Head height / ( $\pi \times$  Head height  $\times$  Head width  $\times$  Head width) / 6])；Z 中心柱長度比 = 中心柱長 / 球縱徑 (Core length ratio = Core height / Core length)。

由於臺灣結球萵苣主要外銷日本，加工業務用球重之規格需求通常達 600 ~ 800 g，而家庭消費則在 350 ~ 600 g 之間；另因結球萵苣成熟度判斷係以葉球緊度為標準，適合加工之葉球緊度通應在 0.35 ~ 0.40 之間<sup>(6)</sup>。本試驗在定植後 40 日採收時，各處理

組之葉球緊度均在 0.35 以下，故相同試區另安排延後 7 日（於定植後 47 日）採收，惟僅調查每 0.1 公頃局部一次施用 60 公斤處理組，仍以高氮肥（臺肥 1 號複合肥）有最高葉球重，但未顯著高於其它各處理組及對照組；其餘性狀在各處理組間雖有高低差異，但經統計分析皆未達顯著性差異水準。

表 2 為秋植試驗前後土壤肥力分析結果，對照組（三次追肥）之氮磷鉀三要素施用配比為 17% - 6.7% - 8%，0.1 公頃計施用 240 公斤，但試驗後之無機態氮、有效性磷及有效性鉀含量均顯著低於其它各處理組，推測對照組三次追肥係撒施肥料於畦溝土表，再溝灌促使肥料溶解，使肥料橫向擴散於畦內供植物根部吸收，但也同時發生向下滲漏損失。依據日本於梅樹肥培試驗，比較不同施肥方式氮素流失量調查報告指出，慣行土表施肥法的氮素流失量高於土表下局部施肥法<sup>(9)</sup>。

表 2. 結球萵苣應用三要素不同配比肥料於畦內一次施肥秋植試驗前後之土壤肥力分析<sup>X,Y</sup>  
Table 2. Soil analysis before and after fertilization in ridge of iceberg lettuce in autumn<sup>X,Y</sup>

處理 <sup>Z</sup> Treatment	施肥量 Fertilizer amounts kg/0.1 ha	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		0.13	6.1	1.53	25	227	47	1500	143
臺肥 1 號	60	0.31 ± 0.10	4.99 ± 0.13	1.50 ± 0.19	184 ± 96	351 ± 44	115 ± 44	1,440 ± 204	140 ± 13
	40	0.13 ± 0.03	5.70 ± 0.37	1.45 ± 0.15	35 ± 4	321 ± 48	86 ± 4	1,511 ± 314	127 ± 11
緩釋肥	60	0.31 ± 0.08	5.13 ± 0.28	1.48 ± 0.10	62 ± 28	341 ± 17	106 ± 36	1,717 ± 414	147 ± 19
臺肥 43 號	60	0.22 ± 0.05	5.43 ± 0.24	1.38 ± 0.10	69 ± 7	354 ± 42	106 ± 37	1,657 ± 329	142 ± 11
臺肥 4 號	60	0.39 ± 0.09	4.50 ± 0.25	1.46 ± 0.12	68 ± 29	347 ± 17	185 ± 51	1,385 ± 104	116 ± 10
人工追肥	240	0.16 ± 0.06	5.94 ± 0.16	1.61 ± 0.09	25 ± 3	218 ± 20	52 ± 5	1,461 ± 70	143 ± 6

<sup>X</sup> 試驗前土壤取樣日期：2016 年 10 月 21 日 (Soil sampling date before trial: Oct. 21, 2016)；<sup>Y</sup> 試驗後土壤取樣日期：2016 年 12 月 22 日 (Soil sampling date after trial: Dec. 22, 2016)；<sup>Z</sup> 肥料之氮磷鉀三要素含量 (%) (Nitrogen, phosphorous, potassium percentage of fertilizer)：臺肥 1 號：20-10-10；臺肥 43 號：15-15-15；臺肥 4 號：11-5.5-22 [以上均為畦內局部 1 次施肥 (All of the above were fertilized in ridge one time)]；人工追肥：17-6.7-8 [栽培育期分三次追肥 (Fertilized in furrow three times during cultivation period)]。

在不同種類肥料於畦內局部一次施用 60 公斤 / 0.1 公頃之肥力比較，以施用高氮肥（臺肥 1 號複合肥）之無機態氮含量顯著高於其它種肥料但相同施用量組；而高鉀肥（臺肥 4 號複合肥）雖有最高效性鉀含量，但統計分析結果，其與於它種肥料施用組無差異。因此秋植試驗證實，栽培前土壤無機態氮含量雖偏低，但結球萵苣以畦內局部一次施用高氮肥仍會顯著造成氮素殘留。且高氮肥（臺肥 1 號複合肥）局部施用組與對照組（三次追肥）其葉球經生產團體品評認為略具苦味。雖然結球萵苣在日間溫度超過 28°C 時，易導致葉球苦味，也易造成結球不良及引發頂燒症發生<sup>(10)</sup>。但依據當地氣象統計資料，栽培期間最高氣溫為 25.5 ± 2.7°C、平均氣溫為 18.7 ± 2.5°C，且結球期之最高氣溫幾乎未高於 28°C，推測苦味來源恐與施用高量氮肥有關。

藉由秋植試驗證實，結球萵苣栽培以畦內局部一次施肥，可取代傳統三次人工追肥，不僅減少肥料施用量超過 50%，顯著降低肥料施用成本，也免除追肥之人力支出；惟依試驗結果，秋植若提早採收，以施用高氮肥種類肥料之葉球重較高，但隨成熟度增加，則與施用平均肥或高鉀肥之平均葉球重間之差異性減少。

## 二、畦內全層與局部一次施肥比較之冬植試驗

冬植試驗為不同季節重複試驗，另一目的為比較不同施肥方式對葉球品質及重量之影響，試驗方式係參考日本農業試驗單位於甘藍及結球萵苣之一次施肥成效評估，局部施肥僅需全層施肥用量之 20% ~ 50%，但產量近似<sup>(7,8)</sup>。在冬植溫度偏低季節，試區亦選用土壤無機態氮及有效性鉀含量略低之農田，並選用不同肥料種類，比較 0.1 公頃全層施肥 120 公斤、60 公斤及局部施肥 60 公斤之成效。

表 3 結果顯示，定植後 54 日及 59 日採收之不同種類肥料施用組，葉球重均以高氮肥（臺肥 1 號複合肥）每 0.1 公頃局部一次施肥 60 公斤組最高，分別為 690.5 公克及 926.1 公克。而高氮肥及平均肥於局部一次施用 60 公斤組在 54 日及 59 日採收者之葉球重，若未高於亦近似於全層一次施用 120 公斤組及對照組，此證實在臺灣結球萵苣冬植之局部施肥量僅需全層施肥量之 50%，也再次證實畦內局部一次施肥可取代傳統三次追肥。然施用高鉀肥（臺肥 4 號複合肥）全層與局部一次施肥之成效比較，則均以局部一次施肥 60 公斤組之葉球重最低，也顯著低於對照組，推測低溫期栽培於土壤無機態氮及有效性鉀含量偏低之農田，不論施用高氮肥或平均肥，具顯著節省肥料施用之成效，施用高鉀肥則無該效益。

冬植試驗另一特別結果顯示，在三種肥料之全層或局部一次施肥組之葉片重均顯著高於追肥三次之對照組，代表低溫期採用全層或局部一次施肥組均有較厚之葉片。另調查正常葉球（葉球內莖無歪斜）表現率，結果顯示除高氮肥全層一次施用 120 公斤及 60 公斤組之外，餘各處理組均顯著高於追肥三次之對照組，證實低溫期（冬植）採全層及或局部施肥均有提升葉球品質之效益。

表 4 為冬植試驗土壤肥力分析結果，土壤 EC 值比較皆以追肥三次之對照組最高，雖然對照組之總施肥量遠高於處理組，但其無機態氮、有效性磷、鉀、鈣及鎂含量皆非最高，是否有其它因素影響對照組試驗後之土壤 EC 值，值得未來探討。另在三種肥料之全層及局部施肥組之無機態氮含量分析結果，均顯示以局部施用 60 公斤組最高、全層施用 120 公斤組次之、全層施用 60 公斤組最低。在有效性鉀含量分析結果，則僅施用平均肥（臺肥 43 號複合肥）及高鉀肥（臺肥 4 號複合肥）有相同趨勢，冬植試驗證實不同施肥方式顯著影響氮素及有效性鉀之流失量，而以局部一次施肥法具降低營養元素流失之優勢。

表 3. 結球萵苣應用不同三要素配比肥料於畦內一次施肥之冬植園藝特性<sup>S</sup>Table 3. Horticultural characters of iceberg lettuce grown with single application of different fertilizers in ridge in winter<sup>S</sup>

栽培期間 Cultivation duration (days)	處理 <sup>V</sup> Treatment	施肥法 <sup>W</sup> Fertilization method 施肥量 Fertilizer amounts kg/0.1 ha	葉球重 Heat weight (g)	葉片重 Leaf weight (g/60 cm <sup>2</sup> )	正常球 形率 Rate of normal head (%)	球縱徑 Head height (cm)	球橫徑 Head width (cm)	球形 指數 <sup>X</sup> Head shape index	結球 緊度 <sup>Y</sup> Head density	中心柱 長度比 <sup>Z</sup> Core length ratio	中心柱長 Core length (cm)
54 <sup>T</sup>	臺肥 1 號	A60	690.5	8.0	74.4	14.4	13.3	1.09	0.53	0.21	2.3
		B60	590.9	8.1	48.8	13.6	13.9	1.00	0.49	0.19	2.6
		B120	640.1	7.5	50.0	12.9	12.2	1.06	0.58	0.19	2.4
	臺肥 43 號	A60	589.6	7.5	72.8	13.5	11.9	1.14	0.49	0.17	2.3
		B60	512.0	7.0	71.2	12.5	12.0	1.05	0.56	0.17	2.1
		B120	628.1	7.8	77.6	13.7	13.1	1.05	0.51	0.20	2.7
	臺肥 4 號	A60	516.0	7.9	72.8	13.8	12.3	1.13	0.48	0.18	2.5
		B60	536.1	7.8	82.4	13.3	12.9	1.04	0.47	0.20	2.7
		B120	551.7	7.5	71.2	12.3	12.1	1.02	0.57	0.17	2.1
人工追肥	C302	592.6	6.5	52.5	14.5	13.2	1.12	0.49	0.17	2.5	
LSD (p = 0.05)			61.8	0.5	15.0	1.2	1.3	0.14	0.09	0.02	0.6
59 <sup>U</sup>	臺肥 1 號	A60	926.1	7.4	71.2	14.5	14.4	1.02	0.61	0.24	3.5
		B60	788.5	7.4	57.5	14.1	14.6	0.97	0.54	0.26	3.6
		B120	800.3	7.3	56.3	13.4	13.9	0.96	0.60	0.23	3.1
	臺肥 43 號	A60	838.3	6.9	78.4	13.9	13.7	1.02	0.59	0.23	3.2
		B60	782.0	7.3	77.6	13.2	13.5	0.98	0.62	0.22	2.9
		B120	887.2	7.3	80.0	13.9	14.4	0.97	0.59	0.22	3.0
	臺肥 4 號	A60	682.8	6.5	81.6	12.8	12.1	1.06	0.69	0.23	2.9
		B60	755.3	6.9	75.2	13.3	13.4	0.99	0.60	0.22	2.8
		B120	785.4	7.1	73.6	13.2	13.6	0.98	0.62	0.22	2.9
人工追肥	C302	883.5	5.3	43.8	15.4	12.8	1.21	0.69	0.24	3.7	
LSD (p = 0.05)			63.9	0.5	14.8	1.1	1.1	0.11	0.06	0.04	0.5

<sup>S</sup> 定植日期：2016 年 12 月 25 日 (Transplant date: Dec. 25, 2016)；<sup>T</sup>54 日採收日期：2017 年 2 月 17 日 (Harvested 54 days after transplant: Feb. 17, 2017)；<sup>U</sup>59 日採收日期：2017 年 2 月 22 日 (Harvested 59 days after transplant: Feb. 22, 2017)；<sup>V</sup>肥料之氮磷鉀三要素含量(%) (Nitrogen, phosphorous, potassium percentage of fertilizer)：臺肥 1 號：20-10-10；臺肥 43 號：15-15-15；臺肥 4 號：11-5.5-22；人工追肥：17-6.7-8。<sup>W</sup>施肥法：A 代表畦內局部一次 1 次施肥；B 代表畦內全層一次 1 次施肥；C 代表生育期分三次追肥 (Fertilization methods: A) partially fertilized in center of ridge; B) fertilized in whole ridge; C) fertilized in furrow three times during cultivation period)。<sup>X</sup>球形指數 = 球縱徑 / 球橫徑 (Head index = Head height / Head width)；<sup>Y</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 height / ( $\pi \times$  Head height  $\times$  Head width  $\times$  Head width) / 6])；<sup>Z</sup>中心柱長度比 = 中心柱長 / 球縱徑 (Core length ratio = Core height / Core length)。

表 4. 結球萵苣應用三要素不同配比肥料於畦內一次施肥冬植試驗前後之土壤肥力分析<sup>W,X</sup>  
 Table 4. Soil analysis before and after fertilization in ridge of iceberg lettuce in winter<sup>W,X</sup>

處理 <sup>Y</sup> Treatment	施肥法 <sup>W</sup> Fertilization method 施肥量 Fertilizer amounts kg/0.1 ha	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		0.10	5.60	2.18	—	108	70	1,699	125
臺肥 1 號	A60	0.58	5.23	1.99	164.8	114	54	2,257	214
	B60	0.56	5.71	2.16	73.49	126	76	2,127	197
	B120	0.63	6.23	2.08	184.1	118	60	2,307	226
臺肥 43 號	A60	0.48	5.86	2.08	109.7	127	98	2,411	258
	B60	0.43	5.94	2.20	74.1	134	92	2,337	238
	B120	0.53	6.13	2.24	160.6	136	139	2,602	256
臺肥 4 號	A60	0.63	6.12	2.34	186.9	118	136	2,385	255
	B60	0.53	6.05	2.22	77.7	117	120	2,581	237
	B120	0.55	5.73	2.04	109.7	115	169	2,458	226
人工追肥	C302	0.76	7.16	2.28	66.4	125	43	2,815	343

<sup>W</sup> 試驗前土壤取樣日期：2016 年 12 月 9 日 (Soil sampling date before trial: Dec. 9, 2016)。<sup>X</sup> 試驗後土壤取樣日期：2017 年 2 月 22 日 (Soil sampling date after trial: Feb. 22, 2017)。<sup>Y</sup> 肥料之氮磷鉀三要素含量 (%) (Nitrogen, phosphorous, potassium percentage of fertilizer)：臺肥 1 號：20-10-10；臺肥 43 號：15-15-15；臺肥 4 號：11-5.5-22；人工追肥：17-6.7-8。<sup>Z</sup> 施肥法：A 代表畦內局部一次 1 次施肥；B 代表畦內全層一次 1 次施肥；C 代表生育期分三次追肥 (Fertilization methods: A) partially fertilized in center of ridge; B) fertilized in whole ridge; C) fertilized in furrow three times during cultivation period)。

### 三、畦內全層與局部一次施肥比較之春植試驗

春植試驗目的係依據秋植及冬植試驗結果，調整試驗處理項別，再次評估不同種類肥料之局部施肥成效，也評估在溫度已逐漸增高之春季，比較全層與局部施高鉀肥 (臺肥 4 號複合肥) 之成效差異，並評估相同三要素含量之一般肥與緩試肥 (2 個月釋放期) 之肥效差異。

本項試驗採收期基於氣象預報試驗田區恐遇大雨，遂提早 2 日於定植後 43 日採收，表 5 性狀調查結果顯示，各處理及與對照組在葉球重及各項性狀數值均無顯著差異，證實結球萵苣春植栽培，畦內局部一次施用一般肥可取代 2 個月釋放期之緩釋肥，相同施肥量之全層施肥與局部施肥成效亦相近。對於農民尚無作畦暨施肥同步作業曳引機，春植採用全層施肥頗具可行性。另在不同種類肥料施用之葉片重，雖未出現如同冬植對照組 (追肥三次) 偏低問題，但主葉脈乳汁管較其它處理組略大，而高氮肥 (臺肥 1 號複合肥) 之局部施肥組也有類似特性，且在主葉脈切開後，乳汁易大量滲出，值得未來深入研究。



表 5. 結球萵苣應用三要素不同配比肥料於畦內一次施肥之春植園藝特性<sup>T,U</sup>Table 5. Horticultural characters of iceberg lettuce grown with single application of different fertilizers in ridge in spring<sup>T,U</sup>

處理 <sup>V</sup> Treatment	施肥法 <sup>W</sup> Fertilization method 施肥量 Fertilizer amounts kg/0.1 ha	葉球重 Heat weight (g)	葉片重 Leaf weight (g/60 cm <sup>2</sup> )	正常球 形率 Rate of normal head (%)	球縱 徑 Head height (cm)	球橫 徑 Head width (cm)	球形 指數 <sup>X</sup> Head shape index	結球 緊度 <sup>Y</sup> Head density	中心柱 長度比 <sup>Z</sup> Core length ratio	中心柱 長 Core length (cm)
臺肥 1 號	B60	481.6	8.4	48.3	14.2	13.2	0.93	0.35	0.29	3.8
臺肥 43 號	B60	449.7	9.3	55.0	14.3	13.1	0.92	0.33	0.25	3.3
臺肥 4 號	B60	432.3	8.3	50.0	14.4	13.0	0.91	0.31	0.25	3.2
臺肥 4 號	B80	444.4	9.3	56.7	14.7	13.0	0.89	0.31	0.26	3.4
臺肥 4 號	A80	460.4	8.4	56.7	15.1	13.1	0.87	0.30	0.27	3.5
43 號緩釋肥	B60	444.7	8.9	54.4	14.8	13.2	0.90	0.30	0.25	3.3
4 號緩釋肥	B60	469.5	8.2	58.3	15.3	13.1	0.86	0.30	0.28	3.7
人工施肥	C302	464.1	9.4	58.3	14.6	12.5	0.86	0.34	0.27	3.4
LSD (p = 0.05)		62.7	1.5	10.0	1.2	0.9	0.11	0.09	0.06	0.8

<sup>T</sup> 定植日期：2017 年 3 月 15 日 (Transplant date: Apr. 15, 2017)；<sup>U</sup> 採收日期：2017 年 4 月 27 日 (Harvest date: Mar. 27, 2017)。<sup>V</sup> 肥料之氮磷鉀三要素含量 (%) (Nitrogen, phosphorous, potassium percentage of fertilizer)：臺肥 1 號：20-10-10；臺肥 43 號：15-15-15；臺肥 4 號：11-5.5-22；43 號緩釋肥：15-15-15；4 號緩釋肥：11-5.5-22；人工追肥：17-6.7-8。<sup>W</sup> 施肥法：A 代表畦內局部一次 1 次施肥；B 代表畦內全層一次 1 次施肥；C 代表生育期分三次追肥 (Fertilization methods: A) partially fertilized in center of ridge; B) fertilized in whole ridge; C) fertilized in furrow three times during cultivation period)。<sup>X</sup> 球形指數 = 球縱徑 / 球橫徑 (Head index = Head height / Head width)；<sup>Y</sup> 結球緊度 = 葉球重 /  $[(\pi \times \text{球縱徑} \times \text{球橫徑} \times \text{球橫徑}) / 6]$  (Head density =  $[\text{Head height} / (\pi \times \text{Head height} \times \text{Head width} \times \text{Head width}) / 6]$ )；<sup>Z</sup> 中心柱長度比 = 中心柱長 / 球縱徑 (Core length ratio = Core height / Core length)。

表 6 為春植試驗前後土壤肥力結果，土壤 EC 值、有效性磷及鉀含量在各處理組與對照組間無顯著差異，但無機態氮含量則以對照組 (追肥三次) 及局部一次施用高氮肥 (臺肥 1 號複合肥) 較高，且顯著高於其他各處理處組。春植試驗證實在氣溫偏暖季節，由於生育期較短，局部一次施或傳統三次追施高氮肥，易導致栽種後土壤無機態氮含量增高。

表 6. 結球萵苣應用三要素不同配比肥料於畦內一次施肥春植試驗前後之土壤肥力分析<sup>w,x</sup>

Table 6. Soil analysis before and after fertilization in ridge of iceberg lettuce in spring<sup>w,x</sup>

肥料 <sup>y</sup> Fertilizer	施肥法 <sup>z</sup> Fertilization method 施肥量 Fertilizer amounts kg/0.1 ha	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									
臺肥 1 號	A60	1.04 ± 0.26	7.04 ± 0.44	2.14 ± 0.15	176 ± 64	116 ± 21	184 ± 57	4,375 ± 111	484 ± 15
臺肥 43 號	A60	0.86 ± 0.18	7.19 ± 0.37	2.39 ± 0.08	69 ± 22	104 ± 17	208 ± 54	4,127 ± 109	511 ± 51
臺肥 4 號	A60	1.03 ± 0.20	7.57 ± 0.05	2.39 ± 0.04	44 ± 15	86 ± 14	151 ± 22	4,480 ± 111	620 ± 62
臺肥 4 號	A80	0.91 ± 0.06	7.47 ± 0.28	2.38 ± 0.06	55 ± 20	97 ± 12	194 ± 54	4,225 ± 360	508 ± 92
臺肥 4 號	B80	1.08 ± 0.20	7.23 ± 0.23	2.45 ± 0.06	74 ± 37	87 ± 12	237 ± 81	4,027 ± 233	479 ± 57
43 號緩釋肥	B60	1.12 ± 0.26	7.48 ± 0.07	2.11 ± 0.08	70 ± 43	105 ± 12	143 ± 20	4,362 ± 247	626 ± 59
4 號緩釋肥	B60	0.81 ± 0.13	7.59 ± 0.08	2.16 ± 0.04	33 ± 14	86 ± 13	190 ± 30	4,314 ± 93	552 ± 53
人工施肥	C302	0.84 ± 0.14	7.28 ± 0.05	2.25 ± 0.09	227 ± 102	76 ± 13	157 ± 25	3,833 ± 85	419 ± 35

<sup>w</sup> 試驗前土壤取樣日期：2017 年 2 月 28 日 (Soil sampling date before trial: Feb. 28, 2017)

<sup>x</sup> 試驗後土壤取樣日期：2017 年 4 月 27 日 (Soil sampling date after trial: Apr. 27, 2017)

<sup>y</sup> 肥料之氮磷鉀三要素含量 (%) (Nitrogen, phosphorous, potassium percentage of fertilizer): 臺肥 1 號: 20-10-10; 臺肥 43 號: 15-15-15; 臺肥 4 號: 11-5.5-22; 43 號緩釋肥: 15-15-15; 4 號緩釋肥: 11-5.5-22; 人工追肥: 17-6.7-8。Z 施肥法: A 代表畦內局部一次 1 次施肥; B 代表畦內全層一次 1 次施肥; C 代表生育期分三次追肥 (Fertilization methods: A) partially fertilized in center of ridge; B) fertilized in whole ridge; C) fertilized in furrow three times during cultivation period)。

## 結 論

結球萵苣栽培之畦內一次施肥試驗，藉由導入作畦暨施肥同步作業，經三期作試驗評估，證實畦內局部一次施肥可取代傳統人工多次追肥作業，並有效節省肥料用量，惟施肥種類及用量仍需依季節或地區進行調整，仍有待未來擴大不同土質（如砂壤土、壤土及粘壤土）試作，以利增進其應用範圍及區域。

## 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各項試驗及提供實務建議。

## 引用文獻

1. 行政院農業委員會。2014。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. 謝明憲、蔡淳瑩、李美慧。2015。臺灣外銷結球萵苣產業競爭優勢簡介。臺南區農業專訊。92：7-11。
3. 謝明憲、江汶錦、林經偉。2015。應用緩釋肥於結球萵苣生產之節肥效益研究。臺南區農業改良場研究彙報。66：39-51。
4. 謝明憲、江汶錦、林經偉。2016。結球萵苣外銷變遷及現行田間管理之挑戰。臺灣之種苗。149：2-6。
5. 小林尚司。2009。レタスの減肥栽培における品種特性。ひょうごの農林水産技術。165：11。
6. 小澤智美。2013。夏秋季加工・業務用レタスの栽培體系と経営試算。グリーンレポート。29(2)：8-9。
7. 大森譽紀、横田仁子。2013。畝内施肥と畝上施肥を用いたレタス減肥栽培における安定生産。愛媛県農林水産研究報告。5：22-29。
8. 屋代幹雄。2014。畝内施肥・局所施肥－露地野菜作で肥料・農薬等資材施用量を大幅に削減できるうね内部分施用技術。平成 25 年度農政課題解決研修「加工業務用野菜の生産技術」研修テキスト平。p. 1-20。
9. 神田美奈子、福島朋行。2009。ウメの局所施肥による土壤改良・環境保全技術の開発。普及に移す技術等：農業關係試験研究成果集 平成 16 年度－平成 20 年度。p. 271-272。<http://www.agri-net.pref.fukui.jp/shiken/hukyu/data/h20/23.pdf>。
10. 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>.

# Efficiency evaluation on single application of fertilizer in ridge to substitute multiple topdressings for iceberg lettuce production<sup>1</sup>

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

## Abstract

The purpose of this study was to stabilize the yield and quality of export iceberg lettuce production due to the differences of fertilization by various farmers. It was also to reduce the impact of fertilizer prices and labor shortages. The research strategy was to compare the head weight when using different three-element ratio fertilizers, which were fertilized in ridge one time before transplanting, as compared to the control of multiple topdressings after transplanting from fall to spring. The results showed that there was no significant difference in head weight between fertilizing in ridge (80 kg/0.1ha or 60 kg/0.1ha) and multiple topdressing (240 kg/0.1ha) treatments. The lettuce was transplanted on November 6, 2016 and April 15, 2017, and harvested about 43 days after transplanting. The winter trial was transplanted on December 25, 2016, and harvested after about 54-59 days. There was no significant difference in head weight between fertilizing in ridge one time (120 kg/0.1ha) and multiple topdressing (302 kg/0.1ha) treatments. However, when the amount of fertilizer was 60 kg/0.1ha, only in the fertilization with an equal element ratio and high nitrogen / low potassium ratio, no significant difference was observed in head weight between fertilizing in ridge one time and multiple topdressing treatments. The results of this study proved that fertilizing in ridge one time could replace multiple topdressings and reduce the fertilizer application amount by more than 50%.

### What is already known on this subject?

The conventional cultivation of iceberg lettuce uses topdressing fertilizer. At present, some farmers use slow-release fertilizer, but the price is about 8 times higher than that of the ordinary commercial fertilizer. It is still difficult to promote the use of slow-release fertilizer in a wide range of applications in crops with less than 2 months of cultivation.

### What are the new findings?

This research has proved that the application of ordinary commercial fertilizers by using a technique of fertilizer application in ridge with a fertilizing and furrowing machine can reduce the amount of fertilizer by 50%. The head weight and quality of the single application were not less than those of multiple topdressings.

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

The use of this fertilizing technique can reduce fertilizer expenses and mitigate the problems of labor shortages in iceberg lettuce production for export and increase the competitiveness of this export vegetable industry.

**Key words:** Iceberg Lettuce, fertilization in ridge, reduce fertilizer

Accepted for publication: November 13, 2017

1. Contribution No.485 from Tainan District Agricultural Research and Extension Station.
2. Associate researcher and chief of Yichu Branch Station, Assistant Researcher, Assistant Researcher and Assistant Researcher, respectively. Tainan District Agricultural Research and Extension Station. 70 Muchang, Hsinhua, Tainan 712, Taiwan, R.O.C.