

生菜萵苣有機栽培之研究

鄔家琪* 鍾興穎 周奕成 林旻德 陳明輝 郭篤宗

國立宜蘭大學園藝學系

摘 要

將二種生菜萵苣‘三元’、‘大將’進行有機栽培之研究。結果顯示，二種生菜萵苣施用 6% 氮素比例之有機質肥料，其產量與其新鮮可食部分之葉綠素、蛋白質、碳水化合物、硝酸根離子含量均較含 4% 氮素比例之有機質肥料高，但維生素 C 含量則無顯著差異。在含 4% 氮素有機肥料處理，同時增加磷與鉀的含量可以提高生菜萵苣產量與其新鮮可食部分葉綠素、蛋白質、碳水化合物、維生素 C 含量，並可降低硝酸根離子含量。二種生菜萵苣在遮蔭下栽培，萵苣產量及品質明顯較不遮蔭處理者降低，且容易提高其硝酸根離子含量，顯示生菜萵苣有機栽培仍以不遮蔭方式栽培較佳。單獨施用有益微生物（菌根菌、溶磷菌）對萵苣生長及品質並無明顯促進效果。但綜合數種有益微生物則可顯著增加植株鮮重、碳水化合物、維生素 C 含量，並可降低生菜萵苣中硝酸根離子含量。

關鍵詞：生菜，萵苣，有機栽培，硝酸根離子含量

Studies on the Organic Culture of Head Lettuce

Chia-Chyi Wu* Hsin-Ying Chung Yi-Cheng Chou Min-De Lin

Ming-Hui Chen Tu-Tsung Kuo

Department of Horticulture, National Ilan University

Abstract

Organic culture on head lettuce was studied on two cultivars ‘Georgia’ and ‘General’. The results showed that both cultivars had higher fresh weight and higher contents of chlorophyll, protein, carbohydrate and nitrate in treatment of organic fertilizer containing 6% of nitrogen content than treatment with 4% of nitrogen content. However there was no significant difference in vitamin C content among fertilizer treatments. Supplemented with more phosphorus and more potassium, fertilizers containing

4% nitrogen content could increase lettuce fresh weights and the contents of chlorophyll, protein, carbohydrate, vitamin C while decrease the nitrate content in lettuce. The fresh weight and quality of lettuce cultivated under shading were much less than those cultivated under no shading control. Shading would also significantly increase lettuce in nitrate content. Based on the consideration of both growth and quality, it was recommended that organic culture of lettuce had better cultivated under no shading treatment. There was no significant difference in growth and metabolites of lettuce inoculated by single beneficial microorganism. However, significant better results were achieved by inoculation with combinations of beneficial inoculants.

Key words: salad crops, lettuce, organic culture, nitrate content

*Corresponding author E-mail: angwu@niu.edu.tw

前 言

一般蔬果檢測除了農藥殘毒較受重視外，大多數都忽略了蔬菜中高硝酸離子含量對人體健康的威脅。人體每日所攝入的硝酸離子約有 70% -80% 是來自蔬菜，其中 25% 會被唾液中的細菌還原成亞硝酸離子 (Bednar et al., 1994)。而亞硝酸離子在消化道中極易與魚蝦、香料、燃燒的煙草煙中富含的二級或三級氨基酸 (amino acid) 或醯氨 (amide) 等前驅物形成致癌性及突變性的亞硝胺(nitrosamine)，以及其他亞硝基化合物 (N-nitroso compounds)，而可能誘發食道癌、胃腸癌、肝癌等腫瘤，嚴重威脅人體的健康 (Basu and Schorah, 1982)。Roorda van Eysinga (1984) 曾調查設施蔬菜硝酸離子含量。結果以芹菜、莧菜、白菜、結球白菜、菠菜、萵苣等葉菜類，高於果菜類、根莖菜類、花菜類的含量。Maynard (1976) 將甜菜、菠菜、蘿蔔、青花菜、芹菜、萵苣、芥藍、芥菜等歸納為硝酸鹽累積者(nitrate accumulator)。一般而言，以葉菜類硝酸離子含量最高，最有可能對人體健康造成威脅。

植物體內累積硝酸離子原是生長過程中的自然現象。當吸收量多於需要量時便會累積。在農業生產上農民為了維持根圈氮肥，在一定範圍常施用過量氮肥。一旦植物吸收的速率超過同化速率時，便會導致細胞質內 NO_3^- 含量過多，而積聚於液胞中。一般葉菜類蔬菜，生長過程需較多氮肥又以吸收硝酸態氮為主，根系鹽基交換量與需氧量也高，因此

特別容易累積硝酸離子；而累積程度與作物種類、品種 (Zhu et al., 1998; Reinink, 1988)、成熟度 (Hunter et al., 1982; Gaudreau et al., 1995)、植株部位 (蔡等, 1989; 高, 1991; Sorensen et al., 1994)、肥料 (吳, 1994; 鄔和張, 2001; 蔡等, 1990; Mozafar, 1996; Santamaria et al., 1997)、光照 (吳與王, 1995; 郭, 1999; Gaudreau et al., 1995)、溫度 (Hoff and Wilcox, 1970)、其他栽培管理措施等有關 (Crawford et al., 1961; Kastori and Petrovic, 1989)。有機農業長期大量的施用有機質肥料與堆肥能增進土壤與作物品質 (趙等, 1996; Bulluck et al., 2002)，然而施用有機質肥料是否會造成植物體中硝酸根離子含量累積的研究資料不多 (譚等, 1998)。隨著國人飲食習慣的改變，生食性沙拉蔬菜已逐漸為國人所接受。此類蔬菜的消費需求與栽培面積也正逐漸增加。而眾多具生食特性的葉菜中，又以萵苣類蔬菜最受國人喜愛。已知蔬菜中高硝酸根離子含量有害人體健康，而此類蔬菜栽培常著重於氮肥的施用，且對光照的需求較低，都極易造成蔬菜中硝酸根離子含量過高。又因以生食為主，對人體健康的威脅更大。由於近年國人對保健的重視，選擇有機栽培生菜萵苣已成爲趨勢，但蔬菜中高硝酸根離子含量經常爲一般人所忽略。因此本研究主要想瞭解有機栽培對生菜萵苣生長與品質之影響，並從光照量、施用肥料三要素比例與有益微生物等資材尋求最能兼顧生菜萵苣生長、品質與降低其硝酸根離子含量的有機栽培模式，提供農民培育健康生菜萵苣參考，並提供消費者新鮮安心的沙拉蔬菜。

材料與方法

一、不同三要素比例之有機肥料對生菜萵苣生長、品質與硝酸根離子含量的影響

將結球萵苣 (*Lactuca sativa* L.) 二品種 '三元'(Georgia), '大將'(General) 先以 60 格穴盤 (4.5×4.5×4 cm³) 育苗, 育苗介質為根基旺三號 (由蛭石、真珠石、泥炭土以等比例調製而成, pH 值 6~6.5)。待本葉三片後定植於宜蘭大學實習農場, 農場土壤為壤土 (pH: 5.7, EC: 17.4 ms/m, N%: 0.03%, P: 73ppm, K: 27ppm)。二種不同來源三要素比例之有機質肥料 4-1-1 與 6-0.8-3 均為混合渣粕, 磷肥為海鳥磷肥 (P₂O₅: 25%), 鉀肥為草木灰 (K₂O: 32%)。以此組成之有機肥料處理分為 1. 每 m² 施用 0.5 kg 比例為 4-1-1 的有機肥料 (4-1-1), 2. 每 m² 施用 0.5 kg 比例為 4-1-1 的有機肥料與 40g 海鳥磷肥 (4-1-1+P), 3. 每 m² 施用 0.5 kg 比例為 4-1-1 的有機質肥料加上 30 g 草木灰 (4-1-1+K), 4. 每 m² 施用 0.5 kg 比例為 4-1-1 的有機質肥料與 40 g 海鳥磷肥、30 g 草木灰 (4-1-1+P+K), 5. 每 m² 施用 0.5 kg 比例為 6-0.8-3 的有機質肥料 (6-0.8-3), 每一小區 5 m², 每個處理 4 小區, 每小區逢機取 10 株調查其生長情形, 並於收穫時分析其新鮮可食部分之葉綠素、蛋白質、碳水化合物、維生素 C、硝酸根離子含量。

二、光照條件對生菜萵苣生長、品質與硝酸根離子含量的影響

將定植在田間的萵苣分為 40% 遮蔭與不遮蔭組 (採收前一週田間平均光照強度為 45000 lux), 在不同光照強度下栽培生菜萵苣, 其餘栽培管理均依有機栽培方式進行。調查其生長情形, 並於收穫時分析其新鮮可食部分之葉綠素、蛋白質、碳水化合物、維生素 C、硝酸根離子含量。

三、有益微生物資材對生菜萵苣生長、品質與硝酸根離子含量的影響

生菜萵苣以 60 格穴盤 (4.5×4.5×4 cm³) 育苗並同

時接種有益微生物資材。育苗介質為根基旺一號。菌種 M1 為市售叢枝菌根菌 (根特旺), 菌種 M2 為研究室採集、分離、繁殖之叢枝菌根菌, 菌種 M3 為市售溶磷菌 (活力菌-P), 菌種 M4 為 M1、M2、M3 之混合菌種, 不接種為對照組 (NM)。育苗時間四週, 定植於田間, 田間以有機質肥料 (4-1-1) 進行肥培管理, 調查萵苣生長情形, 並於收穫時分析其新鮮可食部分之葉綠素、蛋白質、碳水化合物、維生素 C、硝酸根離子含量。

四、代謝物分析方法

(一) 葉綠素含量之測定: 參考 Winternans and De Mots (1965) 的方法。

葉片秤取鮮重後, 以 2 ml 磷酸鈉緩衝液 (sodium phosphate buffer, 50 mM, pH 6.8) 將其研磨成均質, 取 40 μl 的萃取液加入 960 μl 的絕對酒精混合均勻後, 在 4°C 黑暗下靜置 30 分鐘。以 1000 g 離心 15 分鐘。取上清液在分光光度計 (Spectronic 20) 波長為 649 nm 及 665 nm 下測定其吸光值並換算葉綠素含量。

(二) 蛋白質含量之測定: 參考 Bradford (1976) 的方法。

葉片秤取鮮重後, 以 2 ml 磷酸鈉緩衝液 (sodium phosphate buffer, 50 mM, pH 6.8) 將其研磨成均質。在 4°C 下, 以 17600 g 離心 20 分鐘。取 20 μl 上清液注入試管, 再加入 5 ml 之染劑溶液, 震盪均勻後靜置 10 分鐘, 以分光光度計 (Spectronic 20) 測定 595 nm 波長之吸光值。以牛血清蛋白 (BSA, bovine serum albumin), 依同樣的步驟, 做標準曲線並換算樣品蛋白質含量。

(三) 可溶性碳水化合物之測定: 參考 Moris (1948) 的方法。

將植株以 80°C 烘乾磨粉, 秤取 0.2 g 樣品, 加入 10-15 ml 80% 酒精, 在 80°C 水浴中加熱 30 分鐘, 過濾, 殘渣儘量留在試管中, 重複三次, 第三次將殘渣儘量倒在濾紙中, 並用熱酒精沖至濾紙, 三次濾液混合, 40°C 下濃縮除去酒精, 將濃縮液通過 PVP, 定量至 100 ml, 用 Anthrone 呈色, 在分光光度計

(Spectronic 20) 625 nm 波長測吸光值。以葡萄糖配成爲標準液制訂標準曲線並換算樣品可溶性碳水化合物含量。

(四) 維生素 C 含量之測定

取蔬菜新鮮可食部分，使用果汁機打碎，以蒸餾水稀釋 10 倍，以濾紙過濾後，即以 Merck RQ flex 小型光譜儀測定。每個處理 10 重複。

(五) 硝酸根離子含量的測定

取蔬菜新鮮可食部分，使用果汁機打碎，以蒸餾水稀釋 10 倍，以濾紙過濾後，即以 Merck RQ flex 小型光譜儀測定。每個處理 10 重複。

結果與討論

在農業生產上，農民爲了維持作物良好生長，經常施用過量氮肥。一般蔬菜作物特別是葉菜類，生長過程需較多氮肥又以吸收硝酸態氮爲主 (庄與孫, 1995; 蔡等, 1990)，因此特別容易累積硝酸根離子。有機栽培需兼顧作物生長需求，並不一定能減緩硝酸根離子的累積。施以二種不同三要素比例之有機肥料對二種生菜萵苣生長與品質之影響，結果如表一、二所顯示，二種生菜萵苣均以施用 6% 氮

素比例之有機質肥料，其產量與其新鮮可食部分之葉綠素、蛋白質、碳水化合物、硝酸根離子含量均較施用含 4% 氮素比例之有機肥料高，但維生素 C 含量則無顯著差異。顯示對生菜萵苣之生產，高氮素仍較爲有利。而在一定氮素比例下，同時增加磷與鉀的含量可以提高生菜萵苣中產量與其新鮮可食部分葉綠素、蛋白質、碳水化合物、維生素 C 含量，並可降低生菜萵苣中硝酸根離子含量。顯然以 4-1-1+P+K 是較爲兼顧生菜萵苣生長與品質之有機肥料處理。劉等 (1998) 指出氮肥的施用與芹菜中硝酸根離子累積呈正相關，磷、鉀肥的施用呈負相關。鉀肥主要影響蔬菜體內硝酸根離子的分配，但磷肥可加強此一效果，而且只有當磷肥達一定用量時，這種效果才會明顯。高等 (1989) 也曾表示缺磷比增施氮更容易引起葉菜組織內硝酸根離子含量之累積。磷可以促進氮的吸收與同化，也是硝酸還原酶與亞硝酸還原酶的重要組成部分，參與硝酸根離子的還原與同化 (庄與孫, 1995; Campbell, 1988)。本研究之結果也顯示增加磷肥的施用量確實能降低硝酸根離子含量，但若同時提高磷肥與鉀肥的含量，則降低硝酸根離子含量的效果會更明顯。

表一 不同有機質肥料處理對生菜萵苣‘三元’生長與代謝物之影響

Table 1. Effect of organic fertilizers on the growth and metabolites of head lettuce ‘Georgia’

| 處理 treatment | 鮮重 fresh weight (g/pl.) | 葉綠素 含量 chlorophyll content (mg/g) | 蛋白質 含量 protein content (mg/g) | 硝酸根離子含 量 nitrate content (mg/kg) | 維生素 C 含量 vitamin C content (mg/kg) | 可溶性碳水化 合物含量 carbohydrate content (mg/g) |
|-----------------|-------------------------------|---|---|--|--|---|
| 4-1-1 | 238.7 c | 0.10 b | 0.7 bc | 1925 ab | 310.4 a | 775.4 c |
| 4-1-1+P | 344.6 b | 0.13 b | 1.1 b | 1650 b | 296.4 a | 1201.7 b |
| 4-1-1+K | 351.3 b | 0.11 b | 1.3 b | 2038 a | 290.3 a | 1414.8 ab |
| 4-1-1+P+K | 475.8 a | 0.21 a | 2.0 a | 1257 c | 335.1 a | 1774.1 a |
| 6-0.8-3 | 451.4 a | 0.19 a | 1.8 a | 2344 a | 300.2 a | 1567.0 a |

同一欄內英文字母相同者，表示未達鄧肯氏多變域分析，5% 顯著差異水準。每個處理 10 重複。

Means followed by the different letters in each column are significantly different at 5% level by Duncan’s Multiple Range Test. There were 10 replications were tested for each treatment.

表二 不同有機質肥料處理對生菜萵苣‘大將’生長與代謝物之影響

Table 2. Effect of organic fertilizers on the growth and metabolites of head lettuce ‘General’

| 處理 treatment | 鮮重 fresh weight (g/pl.) | 葉綠素 含量 chlorophyll content (mg/g) | 蛋白質 含量 protein content (mg/g) | 硝酸根離子含 量 nitrate content (mg/kg) | 維生素 C 含量 vitamin C content (mg/kg) | 可溶性碳水化 合物含量 carbohydrate content (mg/g) |
|-----------------|-------------------------------|---|---|---|--|--|
| 4-1-1 | 342.6 c | 0.11 b | 1.1 c | 2368 a | 295.1 b | 1753 b |
| 4-1-1+P | 431.5 b | 0.16 ab | 2.1 b | 1892 b | 313.4 ab | 1820 b |
| 4-1-1+K | 386.7 c | 0.12 b | 1.3 c | 2040 b | 405.3 a | 1818 b |
| 4-1-1+P+K | 538.5 a | 0.25 a | 2.4 ab | 1583 c | 416.4 a | 2251 a |
| 6-0.8-3 | 520.8 a | 0.23 a | 2.8 a | 2852 a | 300.2 ab | 2111 a |

說明同表一

see footnote of Table 1

一般常在簡易溫室中進行蔬菜栽培，以避免不良環境對蔬菜產量與品質之影響。設施中常用來覆蓋的資材會選擇性的減少可見光的進入，使得溫室內日射品質變差 (Shen et al., 1992)。且其透光率也常會隨著使用期增長而降低，造成在設施下種植之蔬菜經常有光照不足的情形。尤其在原本日照就不足之秋冬季，這種現象特別明顯，也比較容易造成蔬菜中硝酸根離子含量的累積 (吳與王，1995；蔡等，1989)。一般而言，設施內平均光度經常不及設施外光度之一半。而根據杜 (1968) 的資料顯示，即使是新使用之塑膠布透光率也只有 65.8% 至 86.9%。顯示一般設施內的確有光度較低之現象。而生菜沙拉類蔬菜，栽培時卻常以較低光照來維持植體柔嫩之口感。比較二種生菜萵苣於遮蔭與不遮蔭二種不同光照下生長之情形如表三顯示，二種生菜萵苣鮮重、葉綠素、蛋白質、維生素 C、碳水化合物等含量明顯較不遮蔭處理者降低，且顯著提高其硝酸根離子含量 42% -98%。顯示遮蔭處理雖然可以增加生菜萵苣的柔嫩，但更會造成產量之降低與硝酸根離子含量顯著增加。一般在光照不足時，對植物最大之影響便是光合作用的減少，葉綠素合成受阻。Blom-Zandstra and Lampe (1985) 指出光度會影響萵苣中硝酸根離子含量的累積。因為低光度下，為彌

補光合產物的短缺，硝酸根離子是細胞內維持滲透勢的主要物質。光度若提高，則植物體內硝酸根離子含量降低 (Gaudreau et al., 1995)。在遮蔭處理下，二種生菜萵苣葉綠素含量均明顯低於不遮蔭組，光合作用能力可能受其影響，而造成鮮重及品質之降低。同時遮蔭處理之萵苣葉片中硝酸根離子含量顯著高於不遮蔭組。因此即便是有機栽培生菜萵苣仍應以不遮蔭方式栽培較佳。

叢枝菌根菌是一種存在土壤中的有益真菌，自然界中約有 80% 以上的陸生植物會受其感染而形成叢枝菌根 (Bonfante and Perotto, 1995)。且許多研究報告指出，叢枝菌根作物因其根外菌絲而有較大的吸收面積，能吸收較多的無機養分 (Azcon and El-Arash, 1997; Jakobsen et al., 1992a, 1992b)，因此能有效增進土壤養分的利用，進而降低肥料的施用，避免作物吸收過多的氮肥導致體內硝酸根離子含量的增加。且根據 Mathur and Vyas (1996) 的研究指出，叢枝菌根植株體內許多有關氮素代謝的重要酵素活性都比非叢枝菌根植株要高。表示叢枝菌根植株應該能很快代謝體內硝酸根離子而降低其含量。而溶磷菌能將土壤中被固定的有機磷礦質化或促進難溶性無機磷酸鹽溶解，增加作物中磷的吸收，應該也能降低硝酸根離子含量。育苗期接種叢

表三 遮蔭處理對生菜萵苣生長與代謝物之影響

Table 3. Effect of shading on the growth and metabolites of head lettuce

| 處理 treatment | 鮮重 fresh weight (g/pl.) | 葉綠素 含量 chlorophyll content (mg/g) | 蛋白質 含量 protein content (mg/g) | 硝酸根離子 含量 nitrate content (mg/kg) | 維生素 C 含量 vitamin C content (mg/kg) | 可溶性碳水化合物含量 carbohydrate content (mg/g) |
|-----------------|-------------------------------|---|---|---|--|--|
| 三元 | | | | | | |
| 無遮蔭 | 480 a | 0.20 a | 2.1 a | 1300 b | 321 a | 1825 a |
| 遮蔭 | 278 b | 0.15 b | 1.2 b | 2586 a | 183 b | 718 b |
| 大將 | | | | | | |
| 無遮蔭 | 650 a | 0.25 a | 2.5 a | 1926 b | 408 a | 2210 a |
| 遮蔭 | 368 b | 0.18 b | 1.8 b | 2732 a | 289 b | 1023 b |

說明同表一

see footnote of Table 1

枝菌根菌或溶磷菌，結果如表四、五所顯示，二種生菜萵苣單獨施用有益微生物 M1(菌根菌)、M2(菌根菌)、M3(溶磷菌)對生菜萵苣生長及品質並無明顯促進效果。但綜合數種有益微生物 M4 則可顯著增加植株鮮重、碳水化合物、維生素 C 含量，並降低生菜萵苣中硝酸根離子含量。顯示有益微生物與參試蔬菜形成共生後，對蔬菜生長與品質並沒有是一致的反應趨勢，且菌種間對降低蔬菜內硝酸根離子含量也不限定於某一菌種，甚至在單獨施用有益微生物後反而會顯著提高硝酸根離子含量。這可能是菌種間感染宿主作物與形成根外菌絲的能力不同(Sanders et al., 1977)，進而影響其效果，甚至使得接種後反而提高了硝酸根離子含量。此外，如叢枝菌根菌並不能感染十字花科、莧科、藜科等蔬菜作物，因此應用上可能較為受限。因此若以施用有益微生物來提升蔬菜生長與品質並降低蔬菜內硝酸根離子含量，必須先對有益微生物與作物種類、品種進行組合試驗才能掌握其效果。同時若能複合接種數種有益微生物再配合適量磷肥的施用，降低硝酸根離子含量的效果會更好(鄔和張，2001)。

結 論

施用較高氮素比例之有機肥料，有利於生菜萵苣產量與品質的提升。同時在一定氮素比例下，增加磷與鉀的含量除了可以提高生菜萵苣產量與其品質外，並可顯著降低硝酸根離子含量。遮蔭下栽培，明顯降低二種生菜萵苣產量及品質，且容易提高其硝酸根離子含量，因此生菜萵苣有機栽培仍以不遮蔭方式栽培較佳。雖然單獨施用有益微生物(菌根菌、溶磷菌)對萵苣生長及品質並無一致的促進效果。但綜合數種有益微生物則可顯著增加植株鮮重與品質，並降低生菜萵苣中硝酸根離子含量。因此若能降低購置這些有益微生物的花費，同時在育苗期便進行複合接種應是較為可行的方式。

誌 謝

本研究承蒙行政院農業委員會農糧署之經費補助(94農科-1.3.1.-糧-Z4)，特表謝忱。

表四 接種不同有益微生物對生菜萵苣‘三元’生長與代謝物之影響

Table 4. Effect of beneficial inoculants on the growth and metabolites of head lettuce ‘Georgia’

| 處理 treatment | 鮮重 fresh weight (g/pl.) | 葉綠素 含量 chlorophyll content (mg/g) | 蛋白質 含量 protein content (mg/g) | 硝酸根離子含 量 nitrate content (mg/kg) | 維生素 C 含量 vitamin C content (mg/kg) | 可溶性碳水化 物含量 carbohydrate content (mg/g) |
|-----------------|-------------------------------|---|---|---|--|---|
| NM | 250.3 c | 0.18 a | 1.0 b | 2000 ab | 300.2 ab | 804.3 b |
| M1 | 225.7 c | 0.17 a | 0.8 b | 2278 a | 358.1 a | 910.5 b |
| M2 | 323.5 b | 0.19 a | 1.7 a | 1889 b | 391.0 a | 1012.4 ab |
| M3 | 302.0 b | 0.19 a | 1.2 b | 2405 a | 383.7 a | 1183.5 a |
| M4 | 386.2 a | 0.20 a | 2.0 a | 1535 b | 405.2 a | 1215.3 a |

說明同表一
see footnote of Table 1

表五 接種不同有益微生物對生菜萵苣‘大將’生長與代謝物之影響

Table 5. Effect of beneficial inoculants on the growth and metabolites of head lettuce ‘General’

| 處理 treatment | 鮮重 fresh weight (g/pl.) | 葉綠素 含量 chlorophyll content (mg/g) | 蛋白質 含量 protein content (mg/g) | 硝酸根離子含 量 nitrate content (mg/kg) | 維生素 C 含量 vitamin C content (mg/kg) | 可溶性碳水化 物含量 carbohydrate content (mg/g) |
|-----------------|-------------------------------|---|---|---|--|---|
| NM | 358.4 ab | 0.20 a | 1.2 b | 2405 b | 312.5 b | 1532 b |
| M1 | 326.2 b | 0.18 a | 0.8 c | 2213 b | 209.7 c | 1208 c |
| M2 | 380.1 a | 0.21 a | 1.5 b | 1814 c | 325.4 b | 1612 b |
| M3 | 376.3 a | 0.19 a | 1.3 b | 2854 a | 296.3 b | 1554 b |
| M4 | 412.8 a | 0.23 a | 2.0 a | 2035 b | 384.2 a | 2060 a |

說明同表一
see footnote of Table 1

參考文獻

- 庄舜堯、孫秀廷。1995。氮肥對蔬菜硝酸鹽累積的影響。土壤學進展 23(3): 29-35。
- 杜賡牲。1968。園藝作物塑膠布遮覆栽培 PVC 與 PE 優劣之比較。台聚簡訊 11: 5。
- 吳美鸞。1994。硝酸氮和銨氮的氮素比例和GA₃對於營養期菠菜的影響。中華農學會報 167: 61-73。
- 吳正宗、王銀波。1995。一些影響小白菜 (*Brassica chinensis* L.) 硝酸態氮含量的環境因子。中國農業化學會誌 33(2): 125-133。
- 高德錚。1991。溫度、光照及氮肥對水耕蔬菜品質之影響。動態浮根式水耕系統之開發與利用。台中區農業改良場特刊第 27 號, pp151-159。
- 高祖明、張耀棟、張道勇、史瑞和、章滿芬。1989。氮磷鉀對葉菜硝酸鹽累積和硝酸還原酶過氧化物酶活性的影響。園藝學報 16: 293-297。
- 郭孚耀。1999。遮蔭及氮肥對芥蘭菜硝酸鹽累積之影響。蔬菜作物試驗研究彙報 9:195-203。

- 鄔家琪、張喜寧。2001。叢枝菌根菌與磷肥對數種葉菜類硝酸根離子含量之影響。科學農業 49：238-244。
- 趙震慶、蘇楠榮、王銀波。1996。有機農耕法之土壤肥力的變遷。中華農學會報.新 173：85-102。
- 劉明月、秦玉芝、蔡雁平、何長征。1998。NPK 施用與芹菜硝酸鹽累積和產量的相關性。中國蔬菜 87: 4-7。
- 蔡素蕙、楊秋忠、黃山內。1989。小白菜及芥藍菜不同部位氮素累積量及遮蔭與烹調之影響。中華農學會報 146：34-41。
- 蔡素蕙、楊秋忠、黃山內。1990。有機及化學肥料對小白菜生長硝態氮及維生素含量之影響。中華農學會報 158：77-85。
- 譚鎮中、王銀波、李振洲。1998。有機質肥料施用對蔬果硝酸與銅鋅含量之影響。農林學報 47：107-114。
- Azcon, R. and F. El-Arash. 1997. Influence of arbuscular mycorrhizae and phosphorus fertilization on growth, nodulation and N₂ fixation (¹⁵N) in *Medicago sativa* at four salinity levels. Biol. Fertil. Soils 24: 81-86.
- Basu, T. K. and C. J. Schoran. 1982. Vitamin C in the Health and Disease. the Avi Publishing Com., West Port, Connecticut.
- Bendar, C. and C. Kies. 1994. Nitrate and vitamin C from fruits and vegetables: Impact of intake variations on nitrate and nitrite excretions of humans. Plant Foods Human Nutr. 45: 71-80.
- Blom-Zandstra, M. and J. E. M. Lampe. 1985. The role of nitrate in the osmoregulation of lettuce (*Lactuca sativa* L.) grown at different light intensities. J. Exp. Bot. 36: 1043-1052.
- Bonfante, P. and S. Perotto. 1995. Strategies of arbuscular mycorrhizal fungi when infecting host plants. New Phytol. 91: 81-91.
- Bradford, M. M.. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principles of protein-dye binding. Anal. Biochem. 72: 248-254.
- Bulluck III, L. R., M. Brosius, G. K. Evanylo, and J. B. Ristaino. 2002. Organic and synthetic fertility amendments influence soil microbial, physical and chemical properties on organic and conventional farms. App. Soil Eco. 19: 147-160.
- Campbell, W. H. 1988. Nitrate reductase and its role in nitrate assimilation in plants. Physio. Planta. 74: 214-219.
- Crawford, R. F., W. K. Kennedy and W. C. Johnson. 1961. Some factors that affect nitrate accumulation in forages. Agron. J. 53: 159-162.
- Gaudreau, L., J. Charbonneau, L. P. Vezina and A. Gosselin. 1995. Effects of photoperiod and photosynthetic photon flux on nitrate content and nitrate reductase activity in greenhouse-grown lettuce. J. Plant Nutrition 18(3): 437-453.
- Hoff, J. E. and G. E. Wilcox. 1970. Accumulation of nitrate in tomato fruit and its effect on detinning. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 95: 92-94.
- Hunter, W. J., C. J. Fahrung, S. R. Olsen and L. K. Porter. 1982. Location of nitrate reduction in different soybean cultivars. Crop Sci. 22(5): 944-948.
- Jakobsen, I., L. K. Abbott, and A. D. Robson. 1992a. External hyphae of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi associated with *Trifolium subterraneum*. I. Spread of hyphae and phosphorus inflow into roots. New Phytol. 120: 371-380.
- Jakobsen, I., L. K. Abbott, and A. D. Robson. 1992b. External hyphae of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi associated with *Trifolium subterraneum*. II. Hyphal transport of P³² over defined distances. New Phytol. 120: 509-516.
- Kastori, R. and N. Petrovic. 1989. Effect of boron on nitrate reductase activity in young sunflower plants. J.

- Plant Nutrition 12(5): 621-632.
- Mathur, N. and A. Vyas. 1996. Biochemical changes in *Ziziphus xylopyrus* by VA mycorrhizae. Bot. Bull. Acad. Sin. 37: 209-212.
- Maynard, D. N., A. V. Barker, P. L. Minotti and N. H. Peck. 1976. Nitrate accumulation in vegetables. Adv. Agron. 28: 71-118.
- Moris, D. L.. 1948. Quantitative determination of carbohydrates with Dreywood's anthrone reagent. Science 107: 254-255.
- Mozafar, A. 1996. Decreasing the NO₃ and increasing the vitamin C contents in spinach by a nitrogen deprivation method. Plant Foods for Human Nutrition 49: 155-162.
- Reinink, K. 1988. Improving quality of lettuce by breeding for low nitrate content. Acta Hort. 222: 121-128.
- Roorda van Eysinga, J. P. N. L.. 1984. Nitrate in vegetables under protected cultivation. Acta Hort. 145: 251-256.
- Sanders, F. E., P. B. Tinker, R. L. B. Black, and S. M. Palmerley. 1977. The development of endomycorrhizal roots systems: I. Spread of infection and growth-promoting effects with four species of vesicular-arbuscular endophyte. New Phytol. 78: 257-268.
- Santamaria, P., A. Elia and M. Gonnella. 1997. Changes in nitrate accumulation and growth of endive plants during light period as affected by nitrogen level and form. J. Plant Nutrition 20(10): 1255-1266.
- Shen, Y., J. T. Wu, and Y. P. Wang. 1992. Solar radiation quality inside greenhouses and an improvement technique. J. Chinese Agric. Chem. Soc. 30: 321-327.
- Sorensen, J. N., A. S. Johansen and N. Poulsen. 1994. Influence of growth conditions on the value of crisphead lettuce. Plant Foods for Human Nutrition 46: 1-11.
- Wintermans, J. F. G. M. and A. De Mots. 1965. Spectrophotometric characteristics of chlorophylls a and b and their pheophytins in ethanol. Biochem. Biophys. Acta. 109: 448-453.
- Zhu, W., S. Li, L. Gong, L. Cheng, S. Zhou. 1998. Genetic diversity of nitrate accumulation in vegetable crops. Acta Hort. 467: 119-126.

95年07月26日投稿

95年10月16日接受