

影響蔬菜中硝酸鹽含量之探討

高德錚

摘 要

蔬菜中硝酸鹽累積量決定於蔬菜對硝酸鹽吸收、同化、運送及蔬菜本身生長速度等因素；蔬菜之不同葉齡及部位間硝酸鹽累積差異性也很大，此外，栽培時環境因子如光線及溫度、每日採收時間及採收後儲藏條件及氮肥施用量及施用量時期亦都影響硝酸鹽在蔬菜葉片之累積量。由作者及文獻報告中得知：蔬菜之硝酸鹽大部份存在於莖幹、葉柄，其次為葉片及根部；而亞硝酸鹽大部份存在於根部。當入射光強低於蔬菜之光補償點時會造成蔬菜葉片中硝酸鹽之累積；當入射光強之增加，伴隨著硝酸還原酵素之活化而加速硝酸鹽之轉化，唯蔬菜葉片中亞硝酸鹽之存在量多寡與入射光之強弱無關。蔬菜中硝酸鹽及亞硝酸鹽之累積受制於施肥量之多寡，若以300-500mg/l之硝酸態氮肥由葉部或根部吸收或300-500mg/l之尿素肥由葉部吸收均比100-200mg/l之相同處理大幅度的硝酸鹽及亞硝酸鹽之累積，而在35°C高氣溫及遮蔭之低光照下(6,000 lux) 硝酸鹽及亞硝酸鹽之累積量更大幅度之增加。隨水煮處理時間之延長，會導致蔬菜湯汁中硝酸鹽之累積，180°C高溫快炒反不利於蔬菜體內硝酸鹽之釋放。因之，設施蔬菜之種植應以10,000 lux以上光強及100-200mg/l氮肥下栽培並且在採收前三天不再加施氮肥才可望將設施蔬菜中硝酸鹽之含量降在1500 mg/kg。

內 容

一、自然界中硝酸態氮素來源

氮元素是蔬菜需的必要元素之一，它是構成蔬菜體中的胺基酸與核酸及蛋白質之原料。硝酸態氮及銨態氮是自然界同時存在兩種氮素型態，它源於空氣中之氮氣之被固定、土壤中動植物之殘體分解及施用化學性氮肥及有機肥。在大氣含有相當多的氮元素，氮氣約佔現今大氣量中五分之四，但是高等植物本身無法直接利用空氣中的氮元素，當氮氣透過「固氮作用」、「硝化作用」轉變為銨鹽或硝酸鹽後，這些硝酸鹽、銨鹽或是未解離的氮等無機含氮化合物才能被植物吸收利用。對異營性的動物而如人類而

言，則只能仰賴植物將無機氮轉變為有機氮，再經攝食的方式來攝取所需的氮源。

二、硝酸鹽之毒性

硝酸鹽本身相對無毒，且含亞硝酸鹽食物與含胺類食物合吃，在腸胃中即容易產生亞硝胺(Nitrosamines)致癌物質但是蔬菜中硝酸鹽累積之問題及它的代謝物會與血紅素反應代謝生成過多的變性血紅素(met-haemoglobin)，造成紅血球攜氧能力降低，若長期攝食含過量硝酸鹽的食物，可能會導致毒性效應，如發紺(cyanosis)症狀，尤其是嬰兒更容易罹患之，嚴重的話會造成呼吸急促、震抖、心律困難，甚至窒息。另一方面，硝酸鹽可能應因人體內之酵素或微生物之還原作用而造成內生性氮-亞硝基化合物(N-nitroso compounds)的合成，如亞硝胺(nitrosamines)，而亞硝胺經由動物實驗已被確認為致癌物質，同時對動物有導致畸胎和突變的作用⁽¹⁶⁾。因之，1996年聯合國糧農組織/世界衛生組織聯合食品添加物專家委員會(The Joint FAO/WHO Experts Committee on Food Additives, JECFA)評估且制訂每人每日硝酸鹽攝取安全容許量為 $0\sim 3.7 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ 。

三、蔬菜中硝酸鹽累積之問題

蔬菜中硝酸鹽累積量決定於硝酸鹽吸收、同化、運送及植株本身生長速度等，除了遺傳因子造成種類、種間累積量不同之外，植株不同年齡及部位間硝酸鹽累積差異性也很大，此外，栽培時環境因子如光線及溫度、採收時間及採收後儲藏條件亦都影響其硝酸鹽含量。植物所吸收之硝酸態氮肥主要運輸至葉片，利用光合作用固定之能量(ATP)還原為銨態氮，再經代謝成胺基酸。

硝態氮的吸收系統，可分為2大類：低親和運輸系統(LATS)和高親和運輸系統(HATS)。高親和運輸系統可進一步分為：構成型(CHATS)和誘導型(IHATS)；LATS可能是載體或是離子通道，HATS是氮離子及陽離子共伴運轉載體，它能使細胞膜在結合硝態氮時發生暫態去極化，這個去極化可為細胞膜之氮離子-ATPase所補償。HATS運轉需要細胞提供能量，受細胞膜內硝態氮消耗量調節，其活性依賴於質子電化勢梯度。較低 NO_3^- 濃度($< 1 \text{ mmol/L}$)時，構成型高親和運輸系統以極低的速度在運行。較高 NO_3^- 濃度(mmol/L 水平)時，硝態氮的吸收速率隨著氮素濃度的升高而直線

上升，這是低親和系統在運轉。它與主動高親和系統有顯著區別；對低溫及代謝抑制劑不敏感。

蔬菜中硝酸鹽累積量決定於蔬菜對硝酸鹽吸收、同化、運送及蔬菜本身生長速度等因素；蔬菜之不同葉齡及部位間硝酸鹽累積差異性也很大，此外，栽培時環境因子如光線及溫度、每日採收時間及採收後儲藏條件及氮肥施用量及施用量時期亦都影響硝酸鹽在蔬菜葉片之累積量。由作者及文獻報告中得知：蔬菜之硝酸鹽大部份存在於莖幹、葉柄，其次為葉片及根部；而亞硝酸鹽大部份存在於根部。當入射光強低於蔬菜之光補償點時會造成蔬菜葉片中硝酸鹽之累積；當入射光強之增加，伴隨著硝酸還原酵素之活化而加速硝酸鹽之轉化，唯蔬菜葉片中亞硝酸鹽之存在量多寡與入射光之強弱無關。蔬菜中硝酸鹽及亞硝酸鹽之累積受制於施肥量之多寡，若以 300-500mg/l 之硝酸態氮肥由葉部或根部吸收或 300-500mg/l 之尿素肥由葉部吸收均比 100-200mg/l 之相同處理大幅度的硝酸鹽及亞硝酸鹽之累積，而在 35°C 高氣溫及遮蔭之低光照下(6,000 lux) 硝酸鹽及亞硝酸鹽之累積量更大幅度之增加。但在低光照、低溫或缺鉬元素下，還原作用緩慢，超量吸收之硝酸鹽在蔬菜體內累積。

隨水煮處理時間之延長，會導致蔬菜湯汁中硝酸鹽之累積，180°C 高溫快炒反不利於蔬菜體內硝酸鹽之釋放。因之，設施蔬菜之種植應以 10,000 lux 以上光強及 100-200mg/l 氮肥下栽培並且在採收前三天不再加施氮肥才可望將設施蔬菜中硝酸鹽之含量降在 1,500 mg/kg。

四、蔬菜中硝酸鹽最大容許量之問題

目前國際上對於訂定蔬果之硝酸鹽限量仍存爭議，美國、加拿大及澳洲等國尚無制定蔬菜中硝酸鹽之限量標準規範。僅歐盟對菠菜及萵苣 2 種蔬菜，於 2001 年（90 年）公告依不同栽種季節及栽種方式分別訂有限量範圍 2,000-4,500 mg/kg(即夏季時新鮮菠菜限量在 2,500mg/kg、新鮮萵苣限量在 2,000-2,500mg/kg，冬季時新鮮菠菜限量在 3,000mg/kg、新鮮萵苣限量在 4,000-4,500mg/kg)並自 2006 年（95 年）實施。

Corre and Breimer (1979) 將蔬菜鮮重依硝酸根濃度高低分為 5 類：1. 濃度低於 200 mg/kg：蘆筍、菊苣、四季豆(garden bean)、洋菇、馬鈴薯、甜椒、地瓜葉。2. 濃度低於 500 mg/kg：青花菜、花椰菜、小黃瓜、茄子、酸

黃瓜 (gherkin)、甜瓜、洋蔥、鴉蔥 (scorzonera)、蕪菁。3.多數濃度低於 1,000 mg/kg：高麗菜 (白、紅、皺葉)、胡蘿蔔、捲葉羽衣甘藍 (curly kale)、法國豆、荷蘭芹、南瓜。4.多數濃度低於 2,500 mg/kg：捲心高麗菜 (oxheart cabbage)、快根芹 (celeriac)、苦苣 (endive)、獨行菜 (garden cress)、韭蔥 (leek)、西洋芹葉 (parsley leaves)、大黃 (rhubarb)、蘿蔔白菜 (turnip cabbage)。5.濃度經常高於 2500 mg/kg 的根甜菜、芹菜、細葉芹 (chervil)、野苣 (lamb's lettuce)、萵苣、馬齒莧 (perslane)、蘿蔔、黑蘿蔔 (black radish)、菠菜、蕪菁葉 (turnip tops)。

結 語

在本報告中由(1).自然界中硝酸態氮素來源，(2).硝酸鹽之毒性，(3).影響蔬菜中硝酸鹽累積因子；(4).針對降低蔬菜葉片中硝酸鹽累積可能作為；(5).歐洲委員會及世界各國對蔬菜中硝酸鹽累積之限制等四向來探討影響蔬菜中硝酸鹽含量之因子。獲知下列結論與建議：

- (1).硝酸態氮是蔬菜主要氮素來源，硝酸態氮需在菜葉中還原成銨態氮後才能進入蛋白質與核酸之合成過程。硝酸態氮的還原分為二階段，第一階段在細胞質中由硝酸鹽還原成亞硝酸鹽，第二階段在葉綠體中，再由亞硝酸鹽還原成銨態氮。在正常狀態下，此二階段反應依次序連續作用，不會有亞硝酸鹽的累積。
- (2).蔬菜之硝酸鹽大部份存在於莖幹、葉柄，其次為葉片及根部；而亞硝酸鹽大部份存在於根部。
- (3).當入射光強低於蔬菜之光補償點時會造成蔬菜葉片中硝酸鹽之累積；當入射光強之增加，伴隨著硝酸還原酵素之活化而加速硝酸鹽之轉化。
- (4).蔬菜葉片中亞硝酸鹽之存在量多寡與入射光之強弱無關。
- (5).蔬菜中硝酸鹽及亞硝酸鹽之累積受制於施肥量之多寡，若以 300-500mg/l 之硝酸態氮肥由葉部或獲根部吸收或 300-500mg/l 之尿素肥由葉部吸收均比 100-200mg/l 之相同處理大幅度的硝酸鹽及亞硝酸鹽之累積。

(6).在 35°C 高氣溫及遮蔭之低光照下(6,000 lux) 硝酸鹽及亞硝酸鹽之累積量更大幅度之增加。但在低光照、低溫或缺鉬元素下，還原作用緩慢，超量吸收之硝酸鹽在蔬菜體內累積。

(7).隨水煮處理時間之延長，會導致蔬菜湯汁中硝酸鹽之累積，180°C 高溫快炒反不利於蔬菜體內硝酸鹽之釋放。

因之，建議設施蔬菜之種植應以 10,000 lux 以上光強及 100-200mg/l 氮肥下栽培並且在採收前三天不再加施氮肥才可望將設施蔬菜中硝酸鹽之含量降在 1,500 mg/kg。

參考文獻

- 1.European Community 2002. European Commission Regulation (EC) No. 563/2002. Official Journal of the European Communities. L 86/5.
2. European Community 2001. European Commission Regulation (EC) No. 466/2001. Official Journal of the European Communities. L 77/6.
- 3.WHO. 1996. Toxicological evaluation of certain food additives and contaminants. International Programme on Chemical Safety. WHO, Geneva.
- 4.Addiscottls, A.M.& N. Benjam. 2004. Nitrate and human health. Soil Use and Management (2004) 20, 98-104.
- 5.Eichholzer, M. and Gutzwiller, F. 1998. Dietary nitrates, nitrites, and N-nitroso compounds and cancer risk: A review of the epidemiologic evidence. Nutrition Reviews 56: 95-105.
- 6.Gangolli, S. D., van den Brandt P., Feron, V., Janzowsky, C., Janz-wsky, C., Koeman, J., Speijers, G., Spiegelhalder, B., Walker, R. and Winshnok, J. 1994. Assessment of nitrate, nitrite, and N-nitroso compounds. European Journal of Pharmacology Environmental Toxicology and Pharmacology Section 292: 1
- 7.Sanchez-Echainz, J., Benito-Fern • ndez, J. and Mintegui-Raso, S. 2001. Methemoglobinemia and consumption of vegetables in infants. Pediatrics 107: 1024-1028.

8. Pietro Santamaria 2006. Nitrate in vegetables: toxicity, content, intake and EC regulation. *J Sci Food Agric* 86:10–17.
9. Walker, R. 1990. Nitrates, nitrites and N-nitroso compounds : A review of the occurrence in food and diet and the toxicological implications. *Food Additives and Contaminants* 7: 717-768.
10. 陳葦玲、周書緯、李品瑩、邱瑜君、張雅文 2010 氮肥及鉬離子對油菜及青梗白菜硝酸鹽累積量之影響 臺中區農業改良場研究彙報106:11-22 (2010)。
11. 張盛添、高德錚、梁純玲、王夏玲、張惠真 1989 溫度、光照、氮肥、收穫後儲藏及烹調方式對設施蔬菜品質之影響 第二次屆設施園藝研討會專集 226-240 台灣省鳳山園藝試驗分所編印。