

氮、鉀處理對蕹菜水煮後褐化現象之影響

許 意 筠¹⁾ 謝 慶 昌²⁾ 林 慧 玲³⁾

關鍵字：氮、鉀、蕹菜、褐化

摘要：蕹菜是臺灣夏季重要的蔬菜，在蕹菜水煮後呈現褐化的現象，一直為農民所困擾。本試驗利用 1 分鐘水煮的方式，進行蕹菜'竹葉'與'白骨'兩品種於水煮前與水煮後之呈色調查結果，顯示水煮後的蕹菜 L*值皆下降，明亮度變低；其中以'竹葉'種在水煮前顏色較'白骨'種較深，水煮後轉顏色轉變也較'白骨'較大，呈現更偏紅褐色與明亮度較暗。此外，進一步分析其植體內之氮素與鉀素之含量，兩品種對於氮養液添加處理在葉片與莖部的含量上均有上升之現象。鉀加量養液處理組之葉片鉀含量均較對照組為高，鉀減量養液處理者則否；鉀減量養液試驗中，'白骨'種莖部鉀含量以對照組為最高，'竹葉'種則否。綜合上述結果，推測在'竹葉'種氮與鉀的吸收呈現競爭現象，'白骨'種則呈現促進現象；且在氮、鉀兩元素的吸收上呈現競爭，造成其水煮後褐化程度較高的現象。

前 言

蕹菜 (*Ipomoea aquatica* Forsk.) 為旋花科作物，屬於一年生或多年生草本蔓性植物，又稱空心菜、無心菜、應菜、壅菜、藤菜、葛菜、蕹菜及通菜，原產於中國中南部，廣泛分布於熱帶亞洲地區。適應性廣，栽培容易，能在旱地栽培，也可半水生、水生或浮生栽培。蕹菜屬熱帶作物，生育適溫為 26~32°C，超過 35°C 時，會使植株生育太快，莖部易產生刺瘤，組織老化，進而降低商品價值。耐寒力弱，遇霜害植株會有枯死現象，溫度降至 15°C 時，植株生育遲緩且組織老化，喪失食用價值。蕹菜若生長發育期間土壤過分乾燥，則莖部纖維增多、生育不佳、易老化，降低其品質。蕹菜根群對於水分與營養的吸收能力強，葉片蒸散量大，需供給充足的水分，以保持其品質優良 (劉和林，2005)。根據 104

1) 國立中興大學園藝學系研究生。

2) 國立中興大學園藝學系副教授。

3) 國立中興大學園藝學系教授，通訊作者。

年農業統計年報統計，栽培面積達 1,900 公頃以上，由於栽培容易，生長快，故薤菜為臺灣夏季重要蔬菜之一；薤菜可於全台灣栽培，主要栽培地區有雲林縣、桃園市、高雄市、台中市與新北市等，面積均達 100 公頃以上。

園產品在採收後或加工過程中，因為其組成物質有酵素或無酵素情況下參與，易產生黑色素的褐變反應過程 (Browning reaction) (Friedman, 1996)。植物褐變反應可以依據其過程是否有酵素參與而分為酵素性褐化、非酵素性褐化兩種 (Meyer, 1982)。非酵素褐化又可分為梅納反應、焦糖化反應以及抗壞血酸氧化三類 (Meyer, 1982)；酵素性褐化則酚類化合物與多酚氧化酶 (Polyphenol oxidase, 簡稱 PPO) 或過氧化酶 (Peroxidase, 簡稱 POD) 作用產生醌類化合物而成 (李, 1996)。

材料與方法

一、試驗材料與方法

(一) 材料植物：

本試驗採薤菜作為試驗材料，選用的品種為'白骨'大葉'種與'竹葉'種；'白骨'、'大葉'種之葉與莖均呈淡綠色，葉形短闊長卵形，可全株採收，再生能力強，產量高。早生，早地栽培自播種後 20 至 30 天即可全株採收。'竹葉'種葉呈倒卵形或竹葉型；品質佳，產量高，耐熱耐濕，耐寒力較高；多採早地栽培，自播種後 20 至 30 天即可全株採收，實生株品質柔嫩。

(二) 栽培設施：

試驗地點位於台中市新社區之行政院農業委員會種苗改良繁殖場遮雨網室進行。

(三) 栽培管理：

使用於長盆栽培方式，長盆長 64 公分、寬 21 公分、高 19 公分，置於高床上，採種子直播種植，行距為 10 公分，株距約 10 公分；一長盆約種植 10 穴，一穴播 2-3 粒種子；介質為泥炭苔 (Base Substrate, 拓治有限公司)。試驗從 2016 年 4 月至 10 月種植，播種後待植株展開兩片子葉即開始進行養液澆灌，每周澆灌兩次養液，每盆一次約 500 mL，其餘時間視環境變化與植株生長情形給水。播種後 25 至 30 天後採收後進行試驗分析，每處理 4 重複。

(四) 養液配置：

本試驗以純水為水源進行養液配置，配方以全量之 Hoagland 及 Aron 氏配方 (1950) 為基礎進行修正，微量元素則配合採用 Johnson 修正調配法 (1957)。養液另添加 Fe-EDTA (Ethylenediaminetetracetic acid) 作為鐵元素之來源。養液調配後氮與鉀濃度如表 1。

表 1. 養液調配後氮與鉀濃度。

Table 1. Nitrogen and potassium treatment concentration.

養液調配濃度	氮濃度 (ppm)	鉀濃度 (ppm)
對照組	210	234
3 倍氮養液處理	630	234
5 倍氮養液處理	1050	234
7 倍氮養液處理	1470	234
10 倍氮養液處理	2100	234
3 倍鉀養液處理	210	702
5 倍鉀養液處理	210	1170
7 倍鉀養液處理	210	1638
10 倍鉀養液處理	210	2340

二、調查項目與方法

(一) 葉子加熱處理：

取最上端完全展開葉下第 4、5 片葉，為無蟲咬、破損之健康葉，利用純白 A4 紙裁成長條狀，搭載完整之空心菜葉，以迴紋針將兩者固定；將去離子水保持於煮沸狀態，將上述樣品丟入水煮 1 分鐘後拿出，儘量使葉子維持平鋪於 A4 紙之狀態，稍微陰乾後以攜帶型分光色差儀 (Mini Scan® XE Plus, Model 4500S) 測定之。

(二) 葉子顏色測定：

樣品採樣用後先以去離子水小心清洗並擦拭乾淨，以攜帶型分光色差儀 (Mini Scan® XE Plus, Model 4500S) 測定葉子主脈兩側之 L^* 、 a^* 、 b^* 值，並換算出 C^* 與 h° 值。依據色座標 (color scale) 以 CILAB 表示： L^* 代表明亮度 (lightness)，以 0 至 100 為範圍，數值 0 為黑色，100 則為白色； a^* 代表紅綠程度，正值偏向紅色，負值則偏向綠色； b^* 值代表黃藍程度，正值偏向黃色，負值則偏向藍色； C^* 值為彩度 (chroma)，由公式 $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ 計算得出，數值越高代表色彩濃艷； h° 值代表色相角 (Hue angle)，由公式 $h^\circ = \tan^{-1}(b^*/a^*)$ 得出，色相角 90° 為黃綠色， 180° 為綠藍色， 270° 藍紫色。

(三) 樣品乾燥處理：

以乾灰化法進行營養元素分析，取最上端完全展開葉下第 4、5 片葉，先以自來水清洗附著於植體表面之塵土等物，再以 1% HCl 快速浸置洗滌拿出，以去除自來水無法洗淨之污物，最後以去離子水 (deionized water, D.I. water) 沖洗三次，去除 HCl 之殘留後瀝乾水分，放入牛皮紙袋中，先以 100°C 烘一小時進行殺菁停止植體生化作用，再置於 70°C 下烘 72 小時，以減少分解作用直至樣品完全乾燥為止。以磨粉機將完全乾燥之樣品磨成粉，

置入 70°C 烘乾至少 12 小時以上，確保樣品乾燥。

(四) 氮元素分析：

採用 Micro-Kjedahl 法，稱取 0.2 g 樣品的乾燥粉末，用四分之一之濾紙 (Whatman #1) 包取，投入分解管中，加入 1 g 凱氏氮催化劑 (Merck 8030) 與 4.5 mL 濃硫酸，於 410°C 分解爐中分解 2 至 2.5 小時，待分解管中樣品顏色呈現澄清或淡綠色即可取出。分解管取出冷卻後，加入 15 mL 之去離子水，混合均勻後將樣品倒入 Micro-Kjeldahl 裝置之燒瓶中，並以蒸餾水沖洗分解管 2 次，一同倒入裝置容器中；再加入 20 mL 12N 之 NaOH，通蒸氣使其氨化，並以裝有 20 mL 含指示劑 (含有 19 μM bromocresol green 及 25 μM methyl red) 之 2% boric acid 指示劑溶液塑膠杯來接收蒸餾出來的氨水，直至塑膠杯內溶液體積達 50 mL 時取出。最後以 1/4N H₂SO₄ 標準酸進行滴定，計算氮含量之百分比，計算公式如下：
氮濃度 (%) = [樣品硫酸滴定量-Blank 硫酸滴定量](mL) × 標準酸校正值(f 值) × 0.1/樣品乾物重 (g)

(五) 灰化液製備：

稱取 0.5 g 樣品粉末置於研鍋中，放入灰化爐，設定為先以 200°C 加溫 2 小時後，再以 400°C 加熱 1 小時，最後以 550°C 加熱 2 小時，使樣品完全灰化。待樣品冷卻後取出灰化爐，加入 5 mL 2 N HCl 將灰份完全溶解；利用去離子水將研鍋中樣品洗下，透過濾紙 (Whatman #42) 進行過濾到 25 mL 定量瓶中，並且用去離子水將濾液定量至 25 mL，作為待分析之樣品灰化液。

(六) 鉀元素測定：

取 0.1 mL 之樣品灰化液，加入 3.9 mL 去離子水震盪均勻，再取其 0.2 mL 溶液加入 3.8 mL 去離子水進行震盪均勻，最後取其 2 mL 溶液加入 2 mL 之去離子水進行震盪均勻，共稀釋 1600 倍，以原子吸收光譜儀 (Z-2000 Series Atomic Absorption Spectrophotometer) 進行測定。測定濃度為 ppm，利用公式換算成%，公式為：讀值*25 (灰化液定量數 mL) × 1600 × 10⁻⁴/0.5 (取樣單位 g)。

結 果

一、氮養液處理對'白骨'與'竹葉'品種水煮前後之呈色影響

'白骨'蘆菜水煮前後之呈色表現來看，水煮前的 L* 值大致高於水煮後的處理組，顯示水煮後的蘆菜在明亮度上較暗，其中以水煮前對照組明亮度最高，以水煮後的 7 倍氮處理組明亮度最差；a* 值在水煮前之數值略高於水煮後，水煮後的紅色較深，視覺上呈現較深色的狀態如 (表 2)。試驗結果呈現，水煮後的明亮度低於水煮前，水煮前顯現為較青翠，水煮後顏色較為黯淡，與水煮後之 L* 值與 a* 值低於水煮前之各處理組吻合結果。'竹葉'種蘆菜水煮前後之呈色表現來看，L* 值介於 21.61 至 37.56 之間，大抵以水煮前略高於水

煮後之處理組別，以水煮前之 5 倍氮養液處理最為明亮，水煮後 10 倍氮養液處理明亮度低，顯示水煮前之明亮度較高於水煮後之處理組。a*值在水煮前各處理組間無顯著差異，水煮後各處理間數值大抵低於水煮前，顯示其紅色值較高，視覺上呈現較暗 (表 3)。試驗結果呈現，水煮後的明亮度低於水煮前，水煮前顯現為較青翠，水煮後顏色較為暗沉，與水煮後之 L*值與 a*值低於水煮前之各處理組吻合結果。

表 2. 氮濃度養液對'白骨'蕹菜水煮前與水煮後之呈色差異。

Table 2. Effect of nitrogen concentration on color value of water spinach 'white stem' before and after being boiled.

N concentration	Leaf color				
	L*	a*	b*	C*	h°
Before being boiled					
對照組	41.74az	-12.98ab	31.08a	33.69ab	112.28e
3 倍氮 y	39.18ab	-11.38a	21.73bc	24.55c	118.10cd
5 倍氮	36.45ab	-10.61a	23.25abc	25.57c	114.62de
7 倍氮	38.24ab	-11.53a	25.73abc	28.20abc	114.15d
10 倍氮	34.76bc	-10.95a	24.06abc	26.48bc	115.26de
After being boiled					
對照組	32.80c	-15.21bcd	30.49ab	34.16a	120.38bc
3 倍氮	31.98c	-15.73cd	25.81abc	30.23abc	122.14ab
5 倍氮	35.78bc	-15.23bcd	23.98abc	28.44abc	119.13bc
7 倍氮	31.57c	-14.29bc	24.38abc	28.26abc	118.37bcd
10 倍氮	35.84bc	-17.24d	30.15ab	34.83a	124.82a

z Mean within each column followed by the different letter(s) are significantly different at $P < 0.05$ by LSD test.

y 氮養液處理濃度由對照組至 10 倍養液處理依序分別為 210 ppm、630 ppm、1050 ppm、1470 ppm 與 2100 ppm。

表 3. 氮濃度對'竹葉'蕹菜水煮前與水煮後之呈色差異。

Table 3. Effect of nitrogen concentration solution on color value of water spinach 'large leaf' before and after being boiled.

N concentration	Leaf color				
	L*	a*	b*	C*	h°
Before being boiled					
對照組	37.06az	-10.37a	22.64abc	24.90abc	114.63e
5 倍氮	37.56a	-9.44a	20.91abc	22.95abc	114.36e
7 倍氮	31.88b	-10.42a	22.81abc	25.08abc	114.68de
10 倍氮	31.78b	-8.19a	17.04cd	18.90c	115.75cde
After being boiled					
對照組	28.87bc	-14.01c	23.65ab	27.48ab	118.14bc
3 倍氮	24.56cd	-10.99ab	17.54bcd	20.71bc	121.45a
5 倍氮	22.81d	-10.03a	17.93bcd	20.55bc	122.56a
7 倍氮	27.92bc	-13.84bc	25.94a	29.41a	120.57ab
10 倍氮	21.61d	-10.22a	15.38d	18.49c	121.00ab

z Mean within each column followed by the different letter(s) are significantly different at $P < 0.05$ by LSD test.

y 氮養液處理濃度由對照組至 10 倍養液處理依序分別為 210 ppm、630 ppm、1050 ppm、1470 ppm 與 2100 ppm。

二、鉀養液處理對蕹菜水煮前後之呈色表現

綜合'白骨'蕹菜水煮前與水煮後的呈色表現 (表 4), L*值介於 43.93 至 38.78 之間, 以水煮前之對照組為最高, 水煮後 10 倍鉀養液處理為最低, 整體來看, 大抵以水煮前之 L*值略高於水煮後, 顯示水煮前之'白骨'蕹菜略為明亮; a*值最高為水煮後之 3 倍鉀養液處理-11.53, 最低為水煮前對照處-17.16, 水煮前後各處理組間差異不大; b*值以水煮前 3 倍鉀處理 34.01 為最高, 以水煮後之 3 倍鉀處理 24.84 為最低, 水煮後各處理組數值大部分略低於水煮前; C*值介於 27.42 至 36.94 之間, 以水煮前 3 倍鉀養液處理最高, 水煮後 3 倍鉀處理則為最低; h°值介於 105.67 至 115.95 之間, 以水煮前之對照組為最低, 最高亦落於水煮前之 5 倍鉀養液處理。綜合'竹葉'蕹菜水煮前與水煮後之呈色表現 (表 5), L*值介於 40.13 至 34.67 之間, 最高為水煮前之 3 倍鉀養液處理, 各處理組之水煮前之 L*大抵均略高於水煮後, 顯示水煮前之'竹葉'蕹菜較為明亮; a*值在水煮前後各處理組間統計上呈現無顯著差異, 但各處理組水煮前之 a*值略高於水煮後, 顯示水煮後顏色轉為較暗

的狀態；b*值介於 25.22 至 20.32 之間，最低與次低者分別落於水煮後 10 倍鉀養液處理與水煮前之 10 倍鉀養液處理，但各處理組之 b*值經過水煮後均略微下降；C*值最高為水煮前 3 倍鉀處理 27.98，最低則為水煮後 10 倍鉀養液處理 23.98，水煮前後之大部分處理處間並無顯著差異，惟 10 倍鉀養液處理在水煮前後於統計上有偏低之情形；h°值以水煮前 3 倍鉀為最高，最低為水煮後 10 倍鉀之 101.20，各養液處理組在水煮後之 h°值除 7 倍鉀與 10 倍鉀養液處理外，多有略微下降現象。

表 4. 鉀濃度對'白骨'蕹菜水煮前與水煮後之呈色差異。

Table 4. Effect of potassium concentration on color value of water spinach 'white stem' before and after being boiled.

K concentration	Leaf color				
	L*	a*	b*	C*	h°
before being boiled					
對照組	43.93az	-17.16c	30.49abc	35.15ab	105.67c
3 倍鉀 y	43.08ab	-14.41abc	34.01a	36.94a	116.93a
5 倍鉀	43.05ab	-13.23ab	30.52abc	33.28ab	115.95a
7 倍鉀	42.37ab	-14.78abc	33.49ab	36.61ab	115.37a
10 倍鉀	42.50ab	-13.76ab	28.74bcd	31.87abc	112.35abc
After being boiled					
對照組	42.79ab	-16.31bc	31.67abc	35.62ab	109.46abc
3 倍鉀	41.94ab	-11.53a	24.84d	27.42c	114.59ab
5 倍鉀	40.15ab	-15.14bc	29.63abcd	33.31ab	109.70abc
7 倍鉀	41.25ab	-13.98abc	29.82abcd	32.96abc	113.49ab
10 倍鉀	38.78b	-14.85bc	27.35cd	31.13bc	107.34bc

^zMean within each column followed by the different letter(s) are significantly different at P<0.05 by LSD test.

y 鉀養液處理濃度由對照組至 10 倍養液處理依序分別為 234 ppm、702 ppm、1170 ppm、1638 ppm 與 2340 ppm。

表 5. 鉀濃度對'竹葉'蕹菜水煮前與水煮後之呈色差異。

Table 5. Effect of potassium concentration on color value of water spinach 'large leaf' before and after being boiled.

K concentration	Leaf color				
	L*	a*	b*	C*	h°
Before being boiled					
對照組	34.69bz	-11.86a	23.13ab	26.01ab	109.22abc
3 倍鉀 y	40.13a	-12.11a	25.22a	27.98a	112.23a
5 倍鉀	36.99ab	-12.16a	24.95a	27.76ab	111.74ab
7 倍鉀	39.29ab	-11.35a	21.70ab	24.49ab	108.71abc
10 倍鉀	35.79b	-11.26a	21.11b	23.93b	107.99abc
After being boiled					
對照組	34.84b	-12.59a	22.23ab	25.55ab	105.49cd
3 倍鉀	36.01b	-12.69a	22.67ab	25.99ab	105.87c
5 倍鉀	35.70b	-12.82a	23.60ab	26.86ab	107.36bc
7 倍鉀	35.08b	-12.32a	21.49ab	24.77ab	104.70cd
10 倍鉀	34.67b	-12.72a	20.32b	23.98b	101.20d

z Mean within each column followed by the different letter(s) are significantly different at $P < 0.05$ by LSD test.

y 鉀養液處理濃度由對照組至 10 倍養液處理依序分別為 234 ppm、702 ppm、1170 ppm、1638 ppm 與 2340 ppm。

三、不同養液處理對'竹葉'與'白骨'兩品種之植體氮與鉀含量之分析

在氮加量養液處理兩品種葉子鉀含量測定顯示，'竹葉'種介於 4.26 至 5.18 之間，3 倍氮養液處理為最低，對照組為最高；'白骨'種介於 1.93 至 3.30 之間，以對照組最低，5 倍氮養液處理最高。鉀倍加養液處理之'竹葉'種測定顯示，以 3 倍鉀養液處理 7.36 為最高，對照組 3.40 為最低，鉀加量養液處理均較對照組高；'白骨'種與'竹葉'種相似，養液處理者均較對照組 2.80 高，其中以 10 倍鉀養液處理 7.04 為最高。鉀減量養液處理之'竹葉'種測定顯示，葉片鉀含量介於 5.44 至 7.12 之間，以對照組為最低，0.6 倍養液處理最高；'白骨'種介於 5.88 至 8.12 之間，以 0.4 倍鉀養液處理最高，0.2 倍養液處理為最低 (表 6)。

在氮加量養液處理兩品種莖部鉀含量測定顯示，'竹葉'種介於 4.24 至 9.28 之間，最低與最高分別為對照組與 10 倍處理者；'白骨'種介於 1.72 至 7.66 之間，最低者

為對照組，最高者為 3 倍氮養液處理者；兩品種之各氮養液加量處理組之莖部鉀含量均較對照組為高。'竹葉'種之鉀加量養液處理測定結果顯示，以對照組 4.28 為最低，3 倍鉀處理 9.36 為最高；'白骨'種以對照組 4.68 為最低，5 倍鉀處理 10.24 為最高，兩品種之各鉀養液加量處理組之莖部鉀含量均較對照組為高。鉀減量養液處理測定結果顯示，'竹葉'種介於 5.56 至 9.64 之間，以 0.4 倍處理最低，0.8 倍處理為最高，'白骨'種則介於 8.48 至 10.12 間，0.2 倍處理最低，對照組為最高 (表 7)。

表 6. 不同濃度處理對於'竹葉'與'白骨'葉氮、鉀含量之比較。

Table 6. Comparison of Nitrogen and Potassium content in leaf of 'large leaf' and 'white stem' varieties with different fertilizer treatment.

treatment	N (%)		K (%)	
	large leaf	white stem	large leaf	white stem
N-increasing				
對照組	4.00	2.45	5.18	1.93
3 倍氮 y	4.72	2.98	4.26	2.77
5 倍氮	4.99	3.61	4.48	3.30
7 倍氮	3.85	3.52	4.66	2.83
10 倍氮	5.08	2.78	4.78	2.51
K-increasing				
對照組 x	4.10	4.05	3.40	2.80
3 倍鉀	4.52	3.27	7.36	5.60
5 倍鉀	3.88	2.79	6.60	6.36
7 倍鉀	4.23	3.69	6.44	5.96
10 倍鉀	3.40	4.60	5.04	7.04

y 養液處理濃度由對照組至 10 倍養液處理依序分別為 210 ppm、630 ppm、1050 ppm、1470 ppm 與 2100 ppm。

x 鉀養液處理濃度由對照組至 10 倍養液處理依序分別為 234 ppm、702 ppm、1170 ppm、1638 ppm 與 2340 ppm。

表 7. 不同濃度處理對於'竹葉'與'白骨'莖氮、鉀含量之比較。

Table 7. Comparison of Nitrogen and Potassium content in stem of 'large leaf' and 'white stem' varieties with different fertilizer Treatment.

treatment	N (%)		K (%)	
	large leaf	white stem	large leaf	white stem
N-increasing				
對照組	1.93	2.45	4.24	1.72
3 倍氮 y	2.77	2.98	8.48	7.66
5 倍氮	3.30	3.61	7.20	3.91
7 倍氮	2.83	3.52	7.68	7.20
10 倍氮	2.51	2.78	9.28	6.04
K-increasing				
對照組 x	2.05	1.64	4.28	4.68
3 倍鉀	2.29	2.25	9.36	5.84
5 倍鉀	1.78	2.63	8.48	10.24
7 倍鉀	1.78	2.16	8.36	8.52
10 倍鉀	2.26	2.53	6.64	8.08

y 氮養液處理濃度由對照組至 10 倍養液處理依序分別為 210 ppm、630 ppm、1050 ppm、1470 ppm 與 2100 ppm。

x 鉀養液處理濃度由對照組至 10 倍養液處理依序分別為 234 ppm、702 ppm、1170 ppm、1638 ppm 與 2340 ppm。

討 論

一、氮養液處理對'白骨'與'竹葉'品種水煮前後之呈色影響

'竹葉'種氮加量養液水煮前之色差儀測定結果，L*值以 3 倍氮養液處理為最低；a*值則以 3 倍養液處理與對照組為最高，且 a*值於各養液處理間無顯著差異；b*值則以 3 倍與 10 倍養液處理為最低。水煮後'竹葉'種氮加量養液處理，10 倍養液處理之 L*值最低、a*值最高、b*值最低，故在圖 2 顯示較為深綠色。另外在'白骨'種的試驗結果，水煮前 L*值 10 倍養液處理最低、a*值為次高、b*值為最低、h°值則為次低。

氮元素是植物生長所需之必要元素之一，植體乾重氮素含量約介於 1~5%之間 (Buchanan *et al.*, 2000)；而蕹菜植株在環境或栽培時給予之營養元素足夠時，乾物葉片的氮原素濃度應介於 3.7~6.0 之間 (張和張, 1997)。在氮加量養液試驗中，'竹葉'與'白骨' 兩種葉片之氮元素分別介於 3.85 至 5.08 與 2.45 至 3.61 之間，'白骨'種有略低於標準範圍

間之現象，'竹葉'種則否；另兩品種在氮養液加量個處理之葉片氮含量均較對照組有上升的現象。在莖部的元素測定結果顯示，兩品種在氮養液加量處理之莖部氮含量均較對照組有上升的現象；顯示兩品種對於氮養液添加處理在葉片與莖部的含量上均有上升之現象，顯示氮肥的施用有助於植株生質量的累加並促進植株生長（蕭等人，2013）。鉀加量與鉀減量的試驗中則在葉片氮素含量測定中，養液加量或減量處理組則無明顯比對照組高或低之現象發生。

二、鉀養液處理對薤菜水煮前後之呈色表現

'竹葉'種鉀加量養液水煮前之色差儀測定結果，L*值以對照組為最低，a*值為 5 倍養液處理最高、b*值 10 倍養液處理最高、h°值則以 3 倍養液處理為最高；水煮後之 L*值同樣為對照組最低、a*值、b*值與 h°以 5 倍養液最高，於圖四亦顯示為五倍鉀加量養液處顏色較其他組為深。在'白骨'種水煮前之色差儀測定結果，L*值以 7 倍養液處理最低，a*值以 5 倍養液最高，b*值以 3 倍養液為最高 h°則以 5 倍養液處理為最高；水煮後之 L*值 10 倍養液處理最低，a*值以 3 倍養液處理為最高，b*值以對照組為最高，h°值則以 3 倍養液處理為最高。在表三與表四的試驗結果中，其色差測定上與鉀加量養液處理的增加尚無明顯相關性。

在許等人 (2002)研究指出，薤菜之葉片鉀含量應介於 3.8 至 8.7 之間；'竹葉'與'白骨'兩品種葉片於鉀加量養液處理之鉀元素分別介於 3.40 至 7.36 與 2.80 至 7.04 之間，鉀加量養液處理組之葉片鉀含量均較對照組為高，鉀減量處理試驗則不一定為對照組為最高；但兩品種對照組之葉片鉀含量均低於標準範圍。薤菜莖部鉀含量測定的試驗結果中，'竹葉'與'白骨'兩品種在鉀加量養液處理均較對照組為高，鉀減量養液試驗中，'白骨'種以對照組為最高，'竹葉'種則否。植物對鉀離子的吸收率很高，會影響其他陽離子元素的吸收；當鉀離子的吸收增加就會抑制其他陽離子之吸收程度，產生競爭現象 (Balba, 1979)。在 Moinuddin 等 (2004)研究指出，鉀施用的增加可提升植株根部活力，鉀離子作為陽離子被吸收時可促進氮的吸收，此結果與本試驗'白骨'在鉀加量養液處理中之莖部有類似結果，當鉀元素給予增加，在莖部之氮含量亦隨之增加。

結 論

根據本研究結果顯示，在水煮前的色差儀測定上，'竹葉'種較'白骨'種顏色為深，兩品種在經過水煮後皆會使明亮度下降、顏色加深，但以'竹葉'種之色差儀測定上顏色較深，視覺上亦是如此。另外，在三種不同養液處理試驗結果中，氮的添加會使'竹葉'種總酚上升，顏色測定上也偏深綠色，'白骨'種則在 L*值下降與 a*值上升，總酚含量則沒有上升；鉀養液添加的處理則會使兩品種的總酚含量上升，但在'竹葉'種 10 倍鉀養液處理則顯示略微下降，推測可能是高劑量的鉀會與酚類化合物產生拮抗效應，造成總酚濃度的下降。

參 考 文 獻

- 李敏雄。1996。褐變反應。張為憲等編著。食品化學。華香園出版社。pp. 284-289。
- 張庚鵬、張愛華。1997。蔬菜作物營養障礙診斷圖鑑。臺灣省農業試驗所。109pp。
- 許秀惠、許苑培、馮永富、黃晉興、廖君達、徐玲明。2002。植物保護技術專刊系列4-蕪菜篇。行政院農業委員會動植物防疫檢疫局。
- 蕭巧玲、楊純明、何佳勳、蔡淑珍、林毓雯、劉滄琴。2013。氮肥及氣象環境對設施葉萵苣生長及硝酸鹽含量之影響。作物、環境與生物資訊 10(4): 284-289。
- Balba, A. M. 1979. Salt affected soils. Rome. Italy. FAO.
- Buchanan, B. B., W. Gruissem, and R. L. Jones. 2000. Nitrogen and sulfur. Biochemistry and Molecular Biology of Plant. pp. 789.
- Moinuddin, K. Singh, S. K. Bnsal, and N. S. Pasricha. 2004. Influence of graded levels of potassium fertilizer on growth, yield an economic parameters of potato. J. plant nutr. 27: 239-259.

Effects of Nitrogen and Potassium Concentration on the Browning of Water Spinach (*Ipomoea aquatica* Forsk.) after being Boiled

Yi-Yun Hsu ¹⁾ Ching-Chang Shiesh ²⁾ Huey-Lin Lin ³⁾

Key words: Nitrogen, Potassium, Water Spinach, Browning

Summary

In the present study, investigating the color value of water spinach 'large leaf' and 'white stem' variety before and after a minute boiling. After be boiled, the L * values of water spinach decreased, and the color becomes deeper. Before boiled, color of 'large leaf' more deep than 'white stem' variety. The color change is also 'large leaf' variety larger, more red and bright. The results showed that water the color of spinach 'large leaf' been dark when nitrogen concentration increased. And potassium concentration had the same results, it will make browning phenomenon increase after being boiled. The contents of nitrogen and potassium in the plant were analyzed, the contents of nitrogen and potassium in leaves and shoots were increased on the nitrogen-increasing treatments. Potassium-increasing treatment of leaf potassium content were higher than the control treatment, but potassium-decreasing treatment did not. Comparison of potassium content in the potassium-decreasing treatment, the 'white stem' species to the control group was the highest, but 'large leaves' species did not. In summary, the results of this experiment found that the absorption of nitrogen and potassium in 'large leaves' showed competition, and 'white stem' showed promotion. In addition, competition presented in the uptake of nitrogen, potassium, two elements caused a higher degree of browning after boiling.

1) Graduate student, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

2) Associate professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

3) Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University, Corresponding author.

