

養液配方及試藥等級對尖葉萵苣 和小白菜生育之影響

李 郁 淳¹⁾ 李 文 汕²⁾

關鍵字：養液配方、Hoagland、試藥等級、小白菜、尖葉萵苣、pH 值、EC 值

摘要：本試驗採用 Hoagland 及山崎養液配方，分別以試藥級及工業級原料配製養液，比較其對水耕養液之 pH 值及 EC 值變化之影響，及對尖葉萵苣與小白菜生育之影響。Hoagland 配方養液栽培尖葉萵苣及小白菜，其每日 pH 值變化為 0.08~0.66，其平均上升值及上升率皆顯著較山崎配方減少 65%。養液中的 pH 值變化皆隨栽培天數之增加而趨近於穩定，故其上升率隨栽培天數的增加而明顯下降。Hoagland 養液之 EC 值 1580~2080 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ，明顯較山崎配方之 1015~1085 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 為高，但栽培期間之變化少。Hoagland 養液對尖葉萵苣及小白菜之葉片數、鮮重、葉面積等生育性狀顯著高於山崎氏配方。使用試藥級或工業級藥品配製養液，對養液 pH 值及植株生育性狀則沒有顯著差異。因此即便以工業級藥品配製 Hoagland 配方，仍可使養液 pH 及 EC 值較山崎配方穩定，且對尖葉萵苣及小白菜之生育有明顯促進效果，值得生產業者參考應用。

前 言

植物所需的基本營養元素有 16 種，其中碳、氫、氧來自水和空氣，其餘 13 種則需由養液供應，故養液之組成與濃度為水耕栽培最重要的關鍵因素，隨栽培作物種類及環境而異，養液之組成配方有很多，理想的水耕栽培養液，必需具備易被植物根部吸收之形態及分之溶解度較大，過酸或過鹼都會造成離子間失衡，而影響植株之吸收。引起栽培期間養

1) 國立中興大學園藝學系碩士班研究生。

2) 國立中興大學園藝學系副教授，通訊作者。

液 pH 值變化之原因有環境氣候因子及氮源比例等因子，隨著養液中硝銨比的不同，養液 pH 值有不同的升降趨勢。

配製養液之化學肥料一旦加入水中以後均以離子形態存在，養液的離子濃度與 EC 值呈高度相關。作物以養液栽培均有其最適之 EC 值範圍，該值可依配方中每一元素之克當量之總和換算出該配方之理論 EC 值，配合穩定的 pH 值，當可確保作物的正常生長與發育。不同試藥等級，所含的藥品純度不同，成本亦有所差異。本試擬以 Hoagland 及山崎養液配方，並分別以試藥級及工業級原料配製養液，比較其對水耕養液之 pH 值及 EC 變化之影響，及對尖葉萵苣與小白菜生育之影響。

材 料 與 方 法

一、試驗材料

(一)、植物材料：

本試驗所選用之作物為興農種子公司之‘興農一號’尖葉萵苣及農友種苗公司之‘三鳳’小白菜，其特點為生長強健快速，適於週年栽培。

(二)、水耕設備：

1、盆植水耕設備：

以 42 × 32 × 11 cm 之藍色塑膠盆種植，每盆養液量為 15 公升，種植 11 株，以 ACO-008 幫浦(100L/min.)給予打氣。

2、單植水耕設備：

以直徑 16cm、高 20cm 之單植塑膠桶種植，每盆養液量為 3 公升，以 LUNG GX 400 馬達給予打氣。

二、調查項目及方法

(一)、試驗處理

試驗於中興大學園藝學系精密溫室內進行，以地下水配製養液，採用 Hoagland 及山崎氏萵苣兩種養液配方，再分別以試藥級及肥料級藥品配製，以分別比較不同養液配方及藥品等級對養液化學性及植株生育性狀之影響，每星期完全更換養液一次。試驗採隨機完全區集設計(Randomized Complete Block Design; RCBD)方式排列，每處理三重複，每重複種植 11 株。

(二)、調查分析項目

1、每日調查養液 pH 值及 EC 值之變化，並將 pH 值調整為 pH5.7，隔日再記錄其 pH 值變化。

2、養液溶氧量測定：以 WTW Oxi 315i/SET 手提式微電腦溶氧度計測量養液中的溶氧量，以調節閥調整打氣量，使每盆之溶氧量維持於 6.0±0.5 mg/L。

3、生育性狀調查：於定植後十天採收，調查測量其本葉數、根長、地上部鮮重、地下部鮮重及葉面積等一般園藝性狀。其中葉面積之測定以 CIAS 2.0 影像分析軟體分析。將影像校正卡置於白色保麗龍板左上角，再將樣品葉片展開依序排列於保麗龍上，以數位相機(Canon, Power Shot S30)將影像拍攝下來，再利用 CIAS2.0 影像分析軟體計算樣品葉面積(影像校正卡分別為 6x8、6x4、3x2；其校正面積分別為 48、24、12 cm²)。

(三)、統計分析

調查所得數據採用 SAS 套裝軟體(SAS, Insbitue, Cary, NC)ANOVA(analysis of variance)行變方分析，其處理均值以最小顯著差異測驗(Least Significant Difference Test; LSD)進行差異顯著性之比較測驗。

結 果

由(圖 1)結果顯示：以 Hoagland 養液配方栽培尖葉萵苣及小白菜，其每日 pH 上升值及上升率皆顯著較山崎配方降低二至四倍，Hoagland 配方之 pH 值每日上升率皆在 10 % 以下，而山崎配方則幾乎皆大於 10 % 以上，甚至高達 28 % (圖 1)，故 Hoagland 配方之養液 pH 值穩定性較佳。且以不同試藥等級配製養液，對 Hoagland 配方栽培之尖萵苣及小白菜之養液 pH 值變化量及變化率，並沒有顯著的影響。另不論以何種配方及試藥等級配製，養液中的 pH 值變化皆隨栽培天數增加而趨近於穩定，其上升率及上升值皆隨栽培天數的增加而明顯下降，至栽培第七天，其養液 pH 值上升率已低於 10 % 以下，尤其 Hoagland 配方更降至 3 % 以下。

Hoagland 配方之 EC 值較高，達 1500 μ S/cm 以上，以工業級藥品配製者，其 EC 值更高達 2070 μ S/cm；山崎配方之 EC 值則介在 1000 ~ 1100 之間。Hoagland 及山崎配方，以工業級配製者，其養液 EC 值皆顯著高於試藥級。養液配製後七天內，Hoagland 配方之 EC 值變動很輕微，皆小於 1 %；山崎配方雖大於 1 %，但仍小於 10 %，故兩種配方之 EC 值變動皆在可接受範圍，但仍以 Hoagland 配方的 EC 值較穩定(圖 2)。

Hoagland 配方對尖葉萵苣及小白菜地上部之葉片數、鮮重、葉面積等的生育性狀皆顯著較山崎配方佳，呈極顯著差異；而對地下部的根長及根重，則無顯著差異。且使用試藥級或工業級藥品配製養液，對生育性狀則沒有顯著差異。經統計結果得知，以不同配方對尖葉萵苣及小白菜之地上部生育性狀呈極顯著差異，試藥等級則對其生育性狀沒有顯著差異，養液配方及試藥等級之交感作用對其生育性狀沒有顯著差異(表 1 及表 2)。

綜合上述，Hoagland 配方使養液 pH 及 EC 值較穩定，且可以促進尖葉萵苣及小白菜之生育性狀。由於使用不同養液配方原料，對養液 pH 及 EC 值之變化及對植株生育皆沒有顯著影響，故後續試驗將採用 Hoagland 配方，以工業級藥品配製，做為基礎養液，再添加氯化銨處理，以貼近農民實際生產模式及降低試驗成本，以期日後可直接實際應用於產業上。

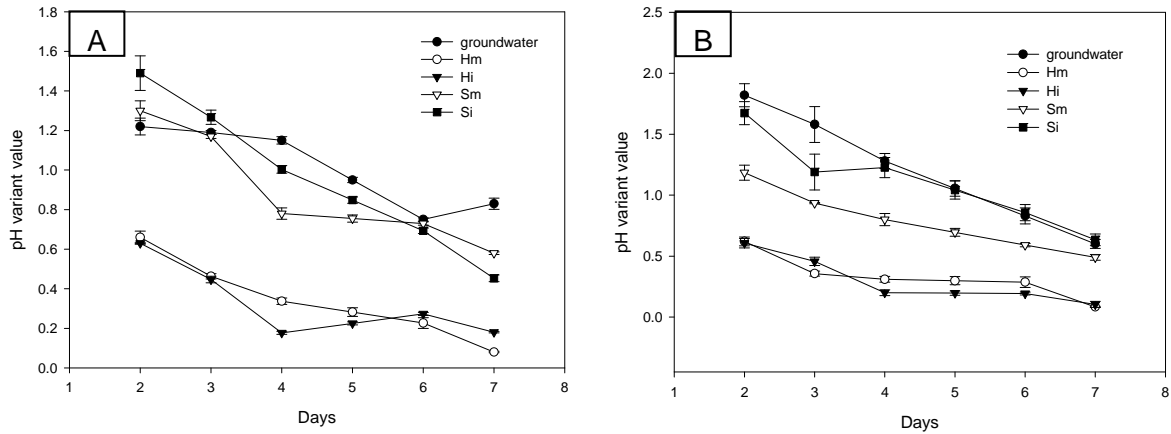


圖1. 養液配方及栽培天數對尖葉萵苣(A)及小白菜(B) pH變化值之影響。原始值為5.7，每日調整及調查每日變化值

Fig. 1. Effect of culture formula and days on pH variant value of lettuce (A) and pak-choi (B).

The original pH value is 5.7. Adjust and record of daily variant value.

註：H為Hoagland、S為山崎配方；m為試藥級藥品、i為工業級藥品

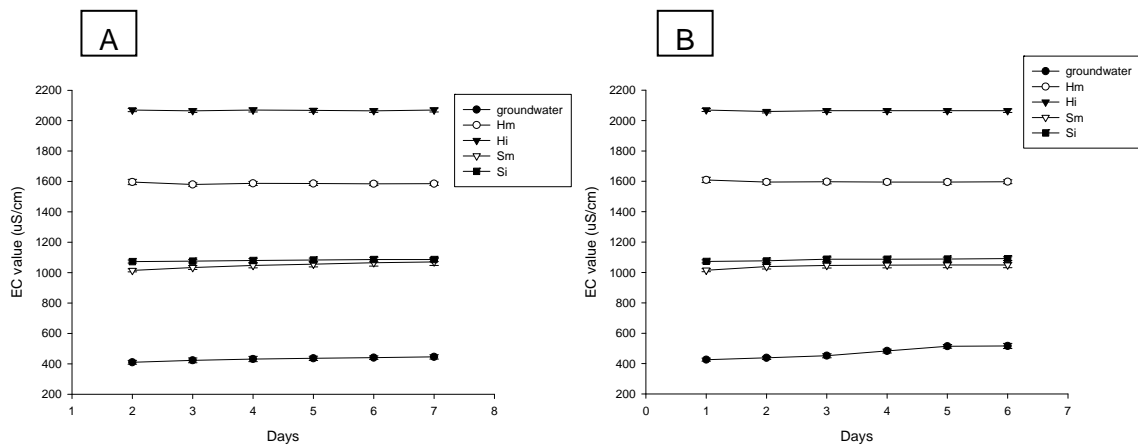


圖2. 養液配方及栽培天數對尖葉萵苣(A)及小白菜(B)EC值之影響

Fig. 2. Effect of culture formula and days on EC value of lettuce (A) and pak-choi (B).

註：H為Hoagland、S為山崎配方；m為試藥級藥品、i為工業級藥品

表1. 尖葉萵苣以不同養液配方栽培十天後園藝性狀之比較

Table 1. To compare the horticulture characteristics of lettuce in different formula for ten days.

| Culture formula ^z | 根長 (cm) | 本葉數 (片/株) | 葉面積 (cm ² /株) | 地上部鮮重 (g/株) | 根重 (g/株) |
|------------------------------|------------|--------------|-----------------------------|----------------|-------------|
| Hm | 13.4 | 4.1 | 19.6 | 5.0 | 0.15 |
| Hi | 14.4 | 4.1 | 19.1 | 8.7 | 0.16 |
| Sm | 13.2 | 3.3 | 5.0 | 3.9 | 0.12 |
| Si | 14.2 | 3.2 | 5.9 | 1.5 | 0.11 |
| LSD _{0.05} | 1.4 | 0.2 | 3.6 | 1.9 | 0.04 |
| 顯著性 | | | | | |
| 配方 | ns | *** | *** | ** | ns |
| 藥品等級 | ns | ns | ns | ns | ns |
| 配方×藥品等級 | ns | ns | ns | ns | ns |

z：H為Hoagland、S為山崎配方；m為試藥級藥品、i為工業級藥品

表2. 小白菜以不同養液配方栽培十天後園藝性狀之比較

Table 2. To compare the horticulture characteristics of pak-choi in different formula for ten days.

| Culture formula ^z | 根長 (cm) | 本葉數 (片/株) | 葉面積 (cm ² /株) | 地上部鮮重 (g/株) | 根重 (g/株) |
|------------------------------|------------|--------------|-----------------------------|----------------|-------------|
| Hm | 14.8 | 4.0 | 40.4 | 10.7 | 0.11 |
| Hi | 16.1 | 4.0 | 40.1 | 10.2 | 0.15 |
| Sm | 13.9 | 3.8 | 14.7 | 6.5 | 0.16 |
| Si | 13.9 | 3.8 | 7.4 | 5.4 | 0.15 |
| LSD _{0.05} | 2.7 | 0.2 | 1.7 | 1.7 | 0.04 |
| 顯著性 | | | | | |
| 配方 | ns | *** | *** | *** | ns |
| 藥品等級 | ns | ns | ns | ns | ns |
| 配方×藥品等級 | ns | ns | ns | ns | ns |

z：H為Hoagland、S為山崎配方；m為試藥級藥品、i為工業級藥品

討 論

一、養液配方對養液 EC 值之影響

栽培尖葉萵苣及小白菜之 Hoagland 配方，其水耕養液 EC 值為 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 以上，顯著高於山崎氏萵苣配方之 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 。經計算養液中大量元素之用量得知：每 200 L 的養液，山崎萵苣配方需添加 80、48、25 及 12 公克之硝酸鉀、硝酸鈣、硫酸鎂及磷酸一銨；養液中所含之 N-P-K 濃度分別為 91.3、16.17 及 154 ppm。而 Hoagland 配方則需添加 101.1、236.2、98.6 及 27.2 公克之硝酸鉀、硝酸鈣、硫酸鎂及磷酸一鉀；養液中所含之 N-P-K 濃度分別為 210、31 及 234 ppm。顯示 Hoagland 配方所含之 N-P-K 都顯著高於山崎萵苣配方，造成山崎配方所配製之養液，其 EC 值顯著低於 Hoagland 配方。

另再行比較試藥級及工業級藥品對養液 EC 值之影響，由於工業級藥品之純度較低，其中用量較多之硝酸鉀純度為 95%、硝酸鈣為 70%、硫酸鎂為 80%，不及試藥級之 98%，因此為達有效離子濃度，需秤取較多量之工業級藥品，因而導致養液中的 EC 值較試藥級所配製之養液高。

二、養液配方對植株生育性狀之影響

Hoagland 養液配方栽培之尖葉萵苣及小白菜十天後，其地上部之葉片數、鮮重、葉面積等生育性狀，皆顯著高於山崎萵苣配方。如上所述，由於山崎萵苣配方之硝酸態氮、磷酸根、硫酸根、鈣及鎂離子等大量營養元素皆顯著低於 Hoagland 配方。即使山崎配方是以磷酸一銨來做為磷酸根的主要來源，伴隨著銨離子的供應；然而 Hoagland 配方則以磷酸一鉀做為磷酸根的主要來源，缺乏銨離子的供應。根據前人研究，以含有硝酸態氮及銨態氮兩種氮源之養液，對番茄及胡瓜葉片生長量及植株鮮重大於僅以硝酸態氮單一氮源處理者(Matrinez and Cerda, 1989; Siddiqi *et al.*, 2002)。因此理論上，含有兩種氮源之山崎配方，對植株之生育性狀理應比供應單一氮源之 Hoagland 配方佳。但因山崎配方所含各種巨量營養元素皆顯著低於 Hoagland 配方。其中山崎養液所含之 N-P-K 濃度分別為 91.3、16.17 及 154 ppm；而 Hoagland 配方則為 210、31 及 234 ppm，皆顯著顯著高於山崎萵苣配方，尤其是硝酸態氮含量，高達 933 ppm，為山崎配方之 2.5 倍。因此 Hoagland 配方即使缺乏銨態氮，但因含有較高濃度之硝酸態氮及其他營養元素，可彌補銨態氮之匱乏。因此 Hoagland 養液配方對於尖葉萵苣及小白菜地上部及地下部之生育性狀，顯著高於山崎萵苣配方。綜合比較此兩種養液配方，以 Hoagland 配方對養液 pH 及 EC 值較穩定、營養元素含量較高及生育性狀較佳，因此後續試驗將採用 Hoagland 養液配方。

參 考 文 獻

- 王銀波。1989。培養液的化學性及其管理。養液栽培技術講習會專刊第二輯 p.60-68。
- 沈再發。1997。養液之配製與管理。設施園藝技術 p.182-190。
- 沈再發、許森森。1989。作物營養特性及影響養液組成之因素。養液栽培技術講習會專刊第二輯 p.44-59。
- 張盛添、高德錚、梁純玲、王夏玲、張惠真。1989。溫度、光照、氮肥、收穫後貯藏及烹調方式對設施蔬菜品質之影響。第二屆設施園藝研討會專集 p.226-240。
- Angeles, M. B., A. Cerda, and S. H. Lips. 1994. Kinetics of NO_3^- and NH_4^+ uptake by wheat seedlings. Effect of salinity and nitrogen source. *J. Plant Physiol.* 144: 53-57.
- Boon, J. V. D., J. W. Steenhuizen, and E. G. Steingrover. 1990. Growth and nitrate concentration of lettuce as affected by total nitrogen and chloride concentration, NH_4^+ / NO_3^- ratio and temperature of the recirculating nutrient solution. *J. Horti. Sci.* 65(3): 309-321.
- Chen, B., Z. Wang, S. Li, and G. Wang. 2004. Effect of nitrate supply on plant growth, nitrate accumulation, metabolic nitrate concentration and nitrate reductase activity in three leafy vegetables. *Plant Sci.* 167:635-643.
- Dapoiny, L. S. Tourdonnet, J. R. Estrade, M. H. Jeuffroy, and A. Fleury. 2000. Effect of nitrogen on growth and nitrate accumulation in lettuce (*Lactuca sativa* L.), under various conditions of radiation and temperature. *Agronomie* 20: 843-855.
- Figueira, E. M. A. and G. C. N. Caldeira. 2005. Effect of nitrogen nutrition on salt tolerance of *Pisum sativum* during vegetable growth. *J. Plant Nutri. Soil Sci.* 168:359-363.
- Heeb, A., B. Lundegardh, T. Ericsson, and G. P. Savage. 2005. Effect of nitrate-, ammonium-, and organic-nitrogen-based fertilizers on growth and yield of tomatoes. *J. Plant Nutri. Soil Sci.* 168: 123-129.
- Lutts, S., J. M. Kinet, and J. Bouharmont. 1996. Effects of salt stress on growth, mineral nutrition and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity resistance. *Plant Growth Regul.* 19: 207-218.
- Matrinez, V. and A. Cerda. 1989. Nitrate reductase activity in tomato and cucumber leaves as influenced by NaCl and N source. *J. Plant Nutri.* 12: 1335-1350.
- Shannon M. C., J. W. Gronwald, and M. Tal. 1987. Effects of salinity on growth and accumulation of organic and inorganic ions in cultivated and wild tomato species. *J. Amer. Hor. Sci.* 112: 416-423.
- Siddiqi, M. Y., B. Malhotra, X. Min, and A. D. M. Glass. 2002. Effect of ammonium and inorganic carbon enrichment on growth and yield of a hydroponic tomato crop. *J. Plant*

Nutri. Soil Sci. 165: 191-197.

Steingrover, E., P. Ratering., and J. Siesling. 1986. Daily changes in uptake, reduction and storage of nitrate in spinach grown at low light intensity. *Physiol. Plant.* 66:550-556.

Wilcox, G. E., J. R. Magalhaes, and F. L. I. M. Silva. 1985. Ammonium and nitrate concentration as factors in tomato growth and nutrient uptake. *J. Plant Nutri.* 8: 989:998.

Effect of Culture Solution Formula and the Reagent Level to the Growth in Lettuce and Pak-Choi

Yu-Chun Lee ¹⁾ Wen-Shann Lee ²⁾

Key words: culture solution, Hoagland, reagent, lettuce, pak-choi, pH value, EC value

Summary

This experiment uses Hoagland and Shan Ch'i formula, respectively by the reagent level and the industry level raw material configuration, compared with it to influence pH value and the EC value change of culture solution, and influence to the growth in lettuce and the pak-choi. Used Hoagland formula to culture lettuce and pak-choi, the daily pH value change is 0.08~0.66, in its average the climbing value and the climbing rate all significantly decrease 65 % comparing the Shan Ch'i formula. The pH value of culture solution changes all to draw close increase along with the cultivation number of days to is stable. Therefore its climbing rate significantly drops along with the cultivation number of days increase. The EC value of Hoagland formula is 1580~2080 $\mu\text{S}/\text{cm}$, significantly higher than Shan Ch'i formula with 1015~1085 $\mu\text{S}/\text{cm}$, and changes few during cultivation period. In leaf numbers, fresh weight, leaf area of lettuce and pak-choi, the Hoagland formula is higher than Shan Ch'i formula. In the pH value of culture solution and the growth of lettuce and pak-choi, the use reagent level or the industry level raw material is not significantly. Therefore used Hoagland formula by the industry level raw material, the pH and the EC value compared the Shan Ch'i formula to be stable, and the growth of lettuce and pak-choi is better than Shan Ch'i formula. It is a worth reference for production.

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

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

Corresponding author.

