

蘆筍根莖與貯藏根碳水化合物含量及其分佈¹

陳榮五²

摘 要

陳榮五·1990·蘆筍根莖與貯藏根碳水化合物含量及其分佈。台南區農業改良場研究彙報25：21～30。

蘆筍根部可溶性碳水化合物含量很高，冬季一、二月間可達60%或更高，而根莖則很低，約為根部的六分之一，由碳水化合物含量分析結果證實蘆筍地上部莖葉行光合作用的光合產物主要轉運到根部貯存起來，所以稱為貯藏根，而根莖祇是碳水化合物轉運的通道而已，又澱粉在根莖及根部的含量均很低，均在2%以下。可見其在蘆筍生長代謝上並不重要。碳水化合物含量與貯藏根直徑大小及雌雄植株無關，但與貯藏根的成熟與否有關，而以成熟根含量最高，老根次之，而以幼根含量最低，與貯藏根的不同部位亦有關，越接近根莖的部位，含量越高，在品種間，由供試的六個品種的分析結果，差異亦不大，這個與品種地上部植株間的特性接近有關。

關鍵詞：蘆筍，貯藏根，碳水化合物。

接受日期：1990年10月1日。

前 言

蘆筍為多年生草本作物 (herbaceous perennial)，其地上部為羽狀的枝葉 (fern)，地下部份則為根冠 (crown) 又稱根盤，包括根莖 (rhizome) 及根群 (roots) 以及著生在根莖上成簇連串的鱗芽 (bud cluster)，地上部份的母莖為由根莖上的鱗芽長出的嫩莖，任其繼續生長，可長出許多小分枝，其上密生許多針狀的擬葉 (cladophylls)，當擬葉發展完成即可開始行光合作用⁽¹⁾，地上部的光合產物，可轉運到植株各部位去，除供維持生命之消耗及供嫩莖之生長外，則貯存於根部，蘆筍根莖為一相當於莖之實體，上面著生鱗芽，著生在根莖的根系則有初生根，貯藏根及吸收根⁽⁶⁾，初生根為種子發芽時長出來的根，貯藏根佔了地下部的絕大部份的體積及重量，主要以貯藏同化產物為任務^(2,6,14,16)，吸收根則為貯藏根分生的纖細根，密佈於貯藏根四周，因直徑纖細，在土壤中掘取及洗滌過程中易受機械之傷害，其主要功能在吸收及輸送^(4,11)。

本試驗部份主要在探討蘆筍根冠的碳水化合物含量與分佈，並測定水分含量，以了解碳水化合物在根冠之不同含量與分佈情形，供做為進一步進行蘆筍有關碳水化合物含量之生理研究之參

1.台南區農業改良場研究報告179號。

2.台南區農業改良場場長。台南市70125林森路一段350號。

考及應用。

材料與方法

供試植株為5個月大的蘆筍苗，於1985年3月25日及26日栽植於嘉義縣義竹鄉的台南區農業改良場蘆筍研究中心，栽培土壤為砂質壤土。供試品種：用於根莖與貯藏根之碳水化合物含量分析，不同大小貯藏根之碳水化合物含量分析，不同部位貯藏根之碳水化合物含量分析，以及不同性別植株之碳水化合物含量分析等研究部份均為台南選3號，不同品種貯藏根碳水化合物含量分析之供試品種有美麗華盛頓品種（Mary Washington, 簡稱 M. W.），UC 72, Lucullus（全雄性品種），台南選1號（Tainan selection No.1），台南選2號（Tainan selection No.2）及台南選3號（Tainan selection No.3）。

本試驗期間自1986年1月至1987年12月，除根莖與貯藏根之碳水化合物分析於1986年進行全年每個月分析一次外，其餘之分析研究均1~2月間進行，根莖與貯藏根之碳水化合物含量分析部份進行一年，目的為了解根莖是否在某一時期具有貯藏作用，以留母莖採收栽培法進行田間管理工作，採收春、秋二季，不調查嫩莖產量，而調查分析根莖及貯藏根的碳水化合物及水分含量，貯藏根的碳水化合物及水分含量分析測定，每一樣品取三株植株，每一植株取三條貯藏根，除根部不同長度部位之分析外，均取距離根莖10~20公分之部份^(15,16,17)，根莖則切取5公分，取樣次數，每一分析處理均重複四次，碳水化合物及水分含量的分析測定方法如下：

1. 可溶性碳水化合物之分析^(12,18)：

先將根部組織在96°C烘箱中烘24小時後取出，再用磨粉機磨碎經網目40的孔徑篩過，稱取0.5g放入30cc 80%乙醇溶液之試管中，在80°C的熱水浴中抽取30分鐘，用濾紙過濾，濾液收集，抽取三次，三次濾液合併，此濾液即為含有乙醇可溶性醣，（以水抽取可溶性醣效果與酒精同，惟抽出之色素較多，以PVP不易完全濾除會影響吸收光度，因此以酒精為宜，又以酒精抽取次數1~2次即可將可溶性醣定量，本分析抽取三次可完全定量）濾渣再烘乾後，留做澱粉分析，濾液利用減壓濃縮器（Evaporator）在40°C下，蒸去乙醇，洗出之含醣水溶液定量到100cc，再取10cc通過PVP（Polyvinylpyrrolidone）管柱（2公分×5公分），再用40~50cc的蒸餾水洗，洗出液之體積定量到100cc，再取10cc，定量到100cc，此即為待測液（待測液以1.25% H₂SO₄加熱處理結果並無水解作用），然後再取3cc的待測液置入試管中，加入anthrone溶液6cc，在冷水浴中迅速充份混合後，置入100°C的沸水浴中加熱6.5~7分鐘後取出急速冷卻，以Bausch and Lomb Spectronic 20的Spectrophotometer來測定其吸光度，測定波長為625m μ ，最後利用Sucrose配成20、40、60、80、100ppm的標準溶液，其結果利用迴歸分析法定出的標準曲線計算出，Anthrone溶液之配法：取2公克的anthrone溶於1公升的濃硫酸，置暗處一小時以上始可使用，配成後超過48小時即不可再用。

2. 澱粉之分析方法^(5,12)：

將抽取可溶性醣後之濾渣置於試管中，加入HEPES溶液8cc，然後在高壓殺菌釜（Autoclave）溫度120°C中加熱30分鐘（壓力15磅），放氣後取出，加入澱粉酶（ α -amylase）溶液0.3cc（溶液濃度為1mg/ml），再放入37°C的水浴中反應14小時，然後用濾紙過濾，濾液定量至100cc，再稀釋10倍，即成待測液，然後與可溶性醣的測法相同，利用Anthrone呈色法測定醣

份含量後推算出澱粉的含量，即以所得之Sucrose濃度乘以0.9即為澱粉含量。

HEPES (N-2Hydroxyethyl piperazine-N-ethanosulfonic acid) 溶液的配法為稱取4.766公克，溶於500cc的蒸餾水中，用稀鹼液調pH值成6.3~6.4，此藥劑在高壓加熱情況下，會促使組織軟化，而有利於酵素之作用。澱粉酶 (α -amylase) 溶液的配法： α -amylase是一種活性十分穩定的酵素，平時宜貯於凍箱中，用時再配，視當時樣品數量而決定配量多少，溶液的濃度為1mg/ml。

3.水分含量之測定方法^(15,17)：

貯藏根水分含量之測定為將貯藏根在96°C烘箱中烘24小時後之重量與未烘乾前新鮮重量之差數來求算之。

結 果

根冠 (crown) 俗稱根盤，包括根莖 (rhizome) 和貯藏根 (storage roots)，根莖上著生密集成群的芽體 (bud cluster)，芽生長發育後成為嫩莖，如果嫩莖沒有採收則發展成為母莖，而貯藏根係著生在根冠之下面部位，因土層深厚程度，而可垂直向下或向四方平行或傾斜生長，成熟的貯藏根長度可達100公分以上，有紀錄的為120~300公分⁽⁶⁾。

一、根莖與貯藏根之碳水化合物及水分含量

由圖1的根莖及貯藏根可溶性碳水化合物分析結果，在根莖的含量任何季節都在10%以下，除了二月份較高外，一般都在5%左右，如果貯藏根的可溶性碳水化合物含量較低時，其在根莖的含量亦有稍微降低之趨勢，貯藏根的可溶性碳水化合物含量甚高，且隨著季節，採收期及休閒期等

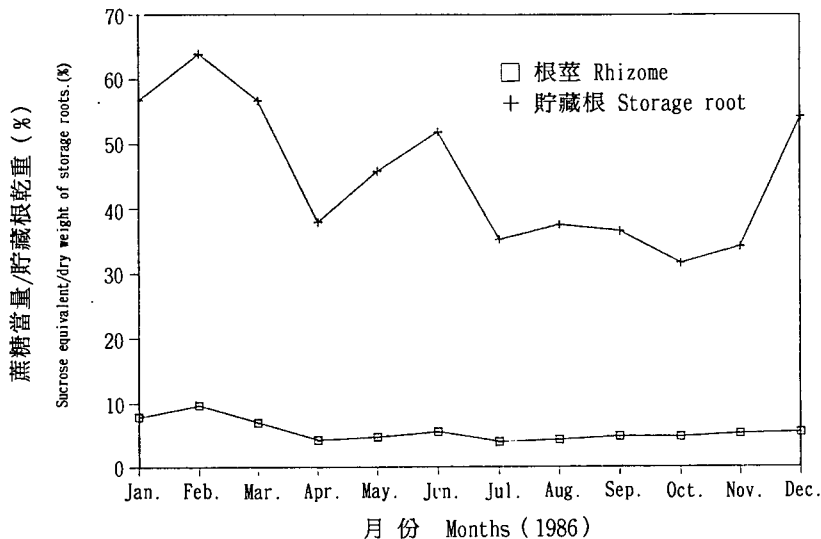


圖1. 蘆筍根莖與貯藏根的可溶性碳水化合物含量全年分析結果比較

Fig. 1. Monthly changes of soluble carbohydrates in rhizome and storage roots of asparagus plants.

而有很大變化，而以一、二月間之含量為最高，澱粉的含量方面（如圖2），無論在根莖或貯藏根之含量均甚低，在2%以下，二者之含量沒有什麼差異，在不同季節間變化亦不明顯，在水分含量（如圖3），根莖的水分含量於任何時期均大致相同，約在80~82%左右，而在貯藏根則與可溶性碳水化合物之含量成反比，即可溶性碳水化合物高時，水分含量則降低，反之，則上昇。

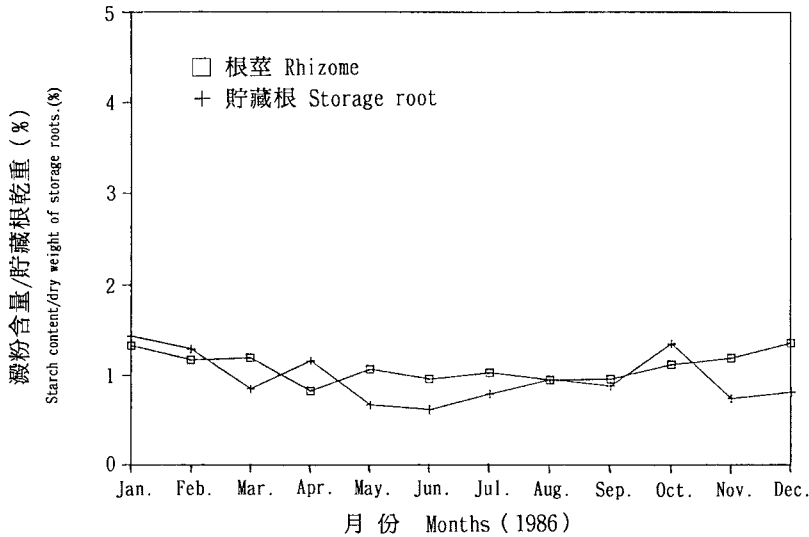


圖2. 蘆筍根莖與貯藏根的澱粉含量全年分析結果比較

Fig. 2. Monthly changes of starch contents in rhizome and storage roots of asparagus plants.

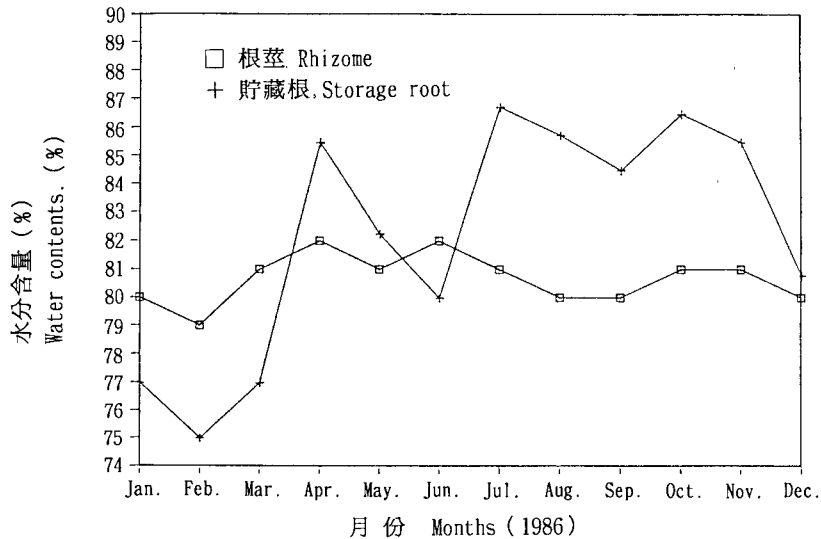


圖3. 蘆筍根莖與貯藏根的水分含量全年分析結果比較

Fig. 3. Monthly changes of water content in rhizome and storage roots of asparagus plants.

二、不同大小貯藏根之碳水化合物及水分含量

貯藏根因生長發育情況，有的根較大，有的根較小，以直徑區分為>0.4cm及<0.4cm可分為粗根及細根，其可溶性碳水化合物、澱粉及水分含量分析結果差異很小，經T-test分析測定結果差異亦不顯著（表1）。

表1. 蘆筍不同大小貯藏根之碳水化合物及水分含量之比較*

Table 1. Carbohydrate and water content in different size of storage roots of asparagus plants.

| 根大小 Root size | 1986 | | | 1987 | | |
|--------------------------------------|------------------------------------|------------------|-----------------|------------------------------------|------------------|-----------------|
| | 可溶性糖** Soluble carbohydrates(%) | 澱粉 Starch (%) | 水分 Water (%) | 可溶性糖** Soluble carbohydrates(%) | 澱粉 Starch (%) | 水分 Water (%) |
| 粗根 Large root (diameter>0.4cm) | 59.12*** | 1.33*** | 77 | 50.96*** | 1.07*** | 80*** |
| 細根 Small root (diameter<0.4cm) | 58.33 | 1.18 | 77 | 52.74 | 1.12 | 79 |

* 供試品種：台南選3號。取樣日期：1986年2月10日，和1987年1月30日。

Variety: Tainan selection No 3. Sampling dates: Feb. 10, 1986 and Jan. 30, 1987.

** 可溶性糖：為貯藏根乾重中所含相當於蔗糖的量。

Soluble carbohydrates: sucrose equivalent/dry wt. roots.

*** 可溶性糖，澱粉及水分在大小貯藏根間以T-test測定結果在5%無顯著差異。

There are no significant difference at 5% level by T-test.

三、不同部位貯藏根之碳水化合物及水分含量

蘆筍貯藏根由地下挖掘出來洗淨後可明顯的看出，因生長的時間長短之不同與成熟度之關係，而有幼根、成熟根及老根之分，其顏色亦可經由肉眼辨別之，幼根呈灰白色，成熟根呈褐色，而老根為深褐色，又老根一般為二年生以上，成熟根為一年生，幼根則為當年長出，時間在數個月以內，可溶性碳水化合物含量經分析結果（表2）以成熟根含量最高，老根次之，而以幼根之含量為最低，又愈接近根莖之部位其含量愈高，在老根、成熟根及幼根均呈相同之趨勢，而以成熟根的含量最高，老根次之，而以幼根最低，在澱粉含量亦有愈接近根莖之部位，含量較高之趨勢，在老根、成熟根及幼根之情形均相同，三種根之澱粉含量均低，差異亦小，水分含量則與可溶性碳水化合物含量高低成反比。

四、不同品種貯藏根之碳水化合物及水分含量

以Mary Washington等六個不同品種行貯藏根碳水化合物及水分含量的分析測定，由表3的分析結果顯示在六個供試品種間的可溶性碳水化合物，澱粉及水分含量差異不大，經變方分析結果亦差異不顯著。

表2. 蘆筍不同部位貯藏根之碳水化合物及水分含量之比較*

Table 2. Carbohydrate and water content in different portions of storage roots of asparagus plants.

| 不同部位 Different portions (cm) | 幼 根 Young roots | | | 成 熟 根 Mature roots | | | 老 根 Old roots | | |
|------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------|---------------------|-----------------------------------------|----------------------|---------------------|-----------------------------------------|----------------------|---------------------|
| | 可溶性糖** Soluble car- bohydrates(%) | 澱 粉 Starch (%) | 水 分 Water (%) | 可溶性糖** Soluble car- bohydrates(%) | 澱 粉 Starch (%) | 水 分 Water (%) | 可溶性糖** Soluble car- bohydrates(%) | 澱 粉 Starch (%) | 水 分 Water (%) |
| 0- 15 | 40.36 | 0.87 | 84 | 54.89 | 1.09 | 77 | 53.73 | 1.17 | 76 |
| 16- 30 | 39.90 | 0.80 | 85 | 52.05 | 0.92 | 79 | 48.70 | 0.86 | 79 |
| 31- 45 | 39.40 | 0.74 | 85 | 48.56 | 0.81 | 80 | 47.21 | 0.53 | 78 |
| 46- 60 | 37.81 | 0.76 | 86 | 47.35 | 0.67 | 80 | 45.03 | 0.86 | 80 |
| 61- 75 | 30.76 | 0.33 | 87 | 48.16 | 0.65 | 80 | 43.61 | 0.40 | 81 |
| 76- 90 | 34.05 | 0.46 | 86 | 45.10 | 0.43 | 82 | 45.70 | 0.36 | 80 |
| 91-105 | 24.10 | 0.32 | 88 | 42.70 | 0.35 | 83 | 43.99 | 0.45 | 81 |
| 106-120 | 17.50 | 0.25 | 89 | 40.50 | 0.41 | 83 | 42.74 | 0.28 | 82 |
| 121-135 | — | — | — | 37.86 | 0.28 | 85 | 41.22 | 0.25 | 81 |
| 136-150 | — | — | — | 36.15 | 0.22 | 85 | 39.33 | 0.19 | 82 |

* 供試品種：台南選3號。取樣時間為1987年1月26日。Variety: Tainan selection No 3. Sampling date: Jan. 26, 1987.

** 可溶性糖：為貯藏根乾重中所含相當於蔗糖的量。Soluble carbohydrates: sucrose equivalent/dry wt. roots.

表3 不同品種貯藏根之碳水化合物及水分含量比較*

Table 3. Contents of carbohydrate and water of storage roots of six asparagus varieties.

| 品 種 Variety | 可 溶 性 糖*** Soluble carbohydrates (%) | 澱 粉 Starch (%) | 水 分 Water (%) |
|--------------------------|--------------------------------------------|-------------------|------------------|
| M. W. | 47.79 a*** | 1.43 a** | 82 a** |
| UC. 72 | 44.37 a | 1.74 a | 83 a |
| Lucullus | 46.85 a | 1.75 a | 81 a |
| Tainan selection No.1 | 46.87 a | 1.60 a | 83 a |
| Tainan selection No.2 | 46.41 a | 1.93 a | 82 a |
| Tainan selection No.3 | 45.95 a | 1.75 a | 82 a |

* 取樣時間：1987年1月23日。Sampling date: Jan. 23, 1987.

** 可溶性糖：為貯藏根乾重中所含相當於蔗糖的量。Soluble carbohydrates: sucrose equivalent/dry wt. roots.

*** 差異顯著性分析採用鄧肯氏多變域分析(5%)，英文字母相同者表示無差異。Mean separation within column by Duncan's multiple range test at 5% level. Means connected by the same letter are not significantly.

五、不同性別植株之碳水化合物及水分含量

在雌雄植株貯藏根之碳水化合物及水分含量經1986年及1987年二年的分析結果（如表4）在可溶性碳水化合物含量，雌雄株間差異很小，在1~1.5%。經T-test之分析測定結果不顯著，澱粉在雌雄植株之含量均很低，亦無明顯之差異，在水分含量方面二者相同。

表4. 蘆筍雌雄株貯藏根之碳水化合物及水分含量之比較*

Table 4. Contents of carbohydrate and water of storage roots of male and female asparagus plants.

| 性別 Sex | 1986 | | | 1987 | | |
|--------------------|-----------------------------------------|---------------------|--------------------|-----------------------------------------|---------------------|--------------------|
| | 可溶性糖** Soluble car- bohydrates(%) | 澱粉 Starch (%) | 水分 Water (%) | 可溶性糖** Soluble car- bohydrates(%) | 澱粉 Starch (%) | 水分 Water (%) |
| 雄株 Male plant | 63.33*** | 1.57*** | 76 | 57.35*** | 1.02*** | 78 |
| 雌株 Female plant | 65.82 | 1.47 | 76 | 58.35 | 1.07 | 78 |

* 供試品種：台南選3號。取樣日期為1986年2月10日，及1987年1月30日。

Variety: Tainan selection No 3. Sampling dates: Feb. 10, 1986 and Jan. 30, 1987.

** 可溶性糖：為貯藏根乾重中所含相當於蔗糖的量。

Soluble carbohydrates: sucrose equivalent/dry wt. roots.

*** 可溶性糖及澱粉在雌雄植株間以T-test 測定在5%無顯著差異。

There are no significant difference at 5% level by T-test.

討 論

蘆筍貯藏根為植株地上部份行光合作用的光合產物，除轉運到植株各部位去供新生組織的生長及維持生命的養分外的貯存機構^(1,3,14)，貯藏根附著在根莖的下方部位，由於根莖之體積部位大，分生能力亦強，其上著生鱗芽，生長發育後則為可供食用的嫩莖。

由圖1的可溶性碳水化合物含量分析結果顯示根莖的可溶性碳水化合物含量很低，一年四季除冬季稍高些外，其他季節均很平穩無變化，原先以為體積不小的根莖可能有貯藏作用，或在一年之中的某一季節具有貯藏作用，但經本試驗之分析結果，顯然的它祇是植株地上部的光合作用產物往根部的輸送以及貯藏根的養分往其他部位輸送的通道（pathway）而已，本身並無貯藏作用，貯藏根的含量隨著季節因採收及母莖更新等而有很大的上昇及下降變化，其含量也很高，Scott等⁽⁵⁾在美國South Carolina州於11月間蘆筍貯藏根可溶性碳水化合物含量最高時測定根冠，根莖的含量僅為貯藏根的三分之一而已，分別為貯藏根：47.89%及根莖：14.91%，並認為在蘆筍植株並非重要的貯藏器官，本研究分析結果碳水化合物含量最高時為二月份，貯藏根及根莖的可溶性碳水化合物含量分別為58.30%及9.69%，由根莖及貯藏根可溶性碳水化合物之含量看來，可明顯的確

認蘆筍地上部植株行光合作用的光合產物之貯藏器官為根部，而非根莖。林⁽¹⁾及Robb⁽⁴⁾二氏亦有相同的報告：蘆筍貯藏根為地上植株部份行光合作用的光合產物除轉運到植株各部位去，供新生組織生長及維持生命需要的養分外的貯存機構，至於澱粉方面由圖2顯示根莖及貯藏根之含量差異很小，一年四季之含量均很少，但很穩定，可見澱粉在蘆筍碳水化合物之生理代謝上並非重要，此結果與前人分析結果相同^(14,15,16)。在水分含量方面，根莖的水分含量全年大約在80~82%，顯現很穩定，其含量之穩定情形與其可溶性碳水化合物之含量一樣（如圖1及圖3），而貯藏根的水分含量則與可溶性碳水化合物含量成反比。

在不同大小貯藏根的碳水化合物及水分含量（見表1）之差異很小亦不顯著，可見貯藏根粗細大小與碳水化合物及水分含量之百分比並無差異關係，亦即兩者的貯藏功能都是一樣，惟粗根之貯藏總量較細根為多仍理所當然，因其容積較大之故。

蘆筍的根系可分為初生根，貯藏根及吸收根三種^(4,6)，本研究分析碳水化合物含量結果，吾人認為可將根系區分為貯藏根及吸收根二種，而貯藏根又可分為幼根、成熟根及老根三種，因為：幼根已具貯藏碳水化合物之能力，未完全成熟，顏色呈灰白色，可溶性碳水化合物之積聚較成熟根及老根為低（表2）；又成熟的貯藏根的可溶性碳水化合物含量很高，可由根之外表顏色及年齡區分為成熟根及老根，成熟根之顏色為褐色，老根為深褐色，水溶性碳水化合物含量在接近根莖之部位含量成熟根比較老根為高，以100公分長之貯藏根之水溶性碳水化合物仍以成熟根為最高，老根次之，而之幼根為最低，此外，林⁽³⁾進行蘆筍無機營養之研究時亦說明較老的根中碳水化合物的貯存量減少，過老的貯藏根則常只留下空外表皮，本研究進行中我們也發現有同樣的現象，又依澤田⁽⁶⁾的報告，貯藏根之壽命有時可達3~4年，Brooks和Morse⁽⁷⁾認為可能祇有一、二年而已；Tiedjens⁽¹⁹⁾認為最多為三年；而Scott等⁽¹⁵⁾則認為可到六年，因此到底貯藏根有多少的壽命，實際上並不確定。

由貯藏根的不同部位測定可溶性碳水化合物及澱粉含量結果，由表2顯示愈接近根莖部位均有較高之趨勢，很明顯的表示由地上部行光合作用的光合產物經由根莖輸入貯藏根後會輸送到根的各不同長度部位，或貯藏根內的光合產物本身有自動往含量較低的部位移動之現象，祇是愈接近根莖之部位因出生的早，其積聚的量亦較多而已，澱粉含量在老根；成熟根及幼根之含量均甚低不具特殊的功用與意義，至於水分含量仍然與可溶性碳水化合物成反比。

蘆筍根部貯藏的碳水化合物來植株地上部的光合作用的光合產物^(1,3,14)。而光合作用主要受溫度，CO₂及光照等之影響^(3,8,10,13)，研究蘆筍光合作用，指出蘆筍雖屬C₃型植物，其光合作用能力不高，但是其株型（plant type）與一般作物大不相同，擬葉細長如針，互相不易遮蔭，光線易射入植株內部，因此全株可發揮最大光合作用能力，因此不同品種間之碳水化合物製造與貯存仍在於植株母莖，由於供試的Mary Washington等六個品種，其植株高度及擬葉形態大致相同，因此測定的碳水化合物含量差異不顯著，水分含量差異亦不顯著，但由此可推論單株蘆筍植株如果母莖數不一樣多，成熟度不一樣等等，則根部碳水化合物含量必將不同，因為光合作用能力將會不一樣。

同一品種雌雄植株之母莖擬葉分佈形態相同，高度亦大致相同，因此光合作用量應必相近，本試驗經二年的分析結果在碳水化合物及水分含量均無顯著差異。Fiala和Jolivet⁽⁹⁾亦有相似的報告，即雌雄植株根部的蔗糖含量差異很小，澤田⁽⁶⁾測定蘆筍雌雄株的同化能力，發現並無差異，雌株去除果實後亦無明顯的差別，林和洪⁽²⁾亦得到相同的結果，為雌雄株的淨同化速率（net assimilation rate）並無差異。

經本研究分析及前人的部份研究結果，除瞭解碳水化合物在蘆筍地上莖與根移轉情形外，確證使用留母莖採收栽培法的蘆筍貯藏根亦是光合作用產物的貯存機構，根莖祇是光合產物的通路而已，澱粉在根莖及貯藏根之含量均很低，而且量的變化很小，可見其在碳水化合物之代謝作用上並不重要。

引用文獻

1. 林安秋・1976・蘆筍光合呼吸作用之研究。中華農學會報 96：17-24.
2. 林安秋、洪立・1978・蘆筍光合作用之研究，台灣大學農學院研究報告 8(1)：88-95.
3. 林安秋・1983・蘆筍之生理特性研究，台灣大學農學院研究報告 p.57-65.
4. 林金和、許志超、蔡智賢・1983・栽培種蘆筍之解剖。台灣區第三屆蘆筍學術討論會試驗研究報告p.303-310.
5. 食品工業研究所・1983・食品分析方法手冊，食品工業研究所編印。
6. 澤田英吉・1962・フスパラガス，誠文堂新光社。p.28-31, 37-48, 65-73, 267-268, 279-284, 331-334.
7. Brooks, W. P. and F. W. Morse 1919. A fertilizer experiment with asparagus Mass. Agri. Exp. Sta. Bull. 194：227-257.
8. Derlin, R. 1975. Plant Physiology. D. Van. Nostrand Co., New York, p. 284-301.
9. Fiala, V. and E. Jolivet 1982. Quantitative variations in nitrogen compound and carbohydrates in male and female asparagus roots during the first year of cultivation. Laboratoire d'Etude de Métabolisme intermédiaire de Nutrition minérale, Versailles, France, Agronomie 2：735-739.
10. Goss, J. A. 1973. Physiology of plants and Their Cells. Pergamon Inc., New York, p. 55-59.
11. Jones, H. A. and J. T. Rosa. 1928. Truck Crop Plant-III . Asparagus. Mc Graw-Hill, New York, p.64-88.
12. Meidner, Hans. 1984. Class Experiments in Plant Physiology. George Accen and Union, London, p.118-119.
13. Meyer, B. S., D. B. Anderson., R. H. Bohning and D. G. Fratianne. 1973. Introduction to Plant Physiology. D. Van. Nostrand, New York, p.71, 173-202, 224-239.
14. Robb, A. R. 1984b. Physiology of asparagus as related to the production of the crop. New Zealand J. Exp. Agri. 12：251-260.
15. Scott, L. E., J. H. Mitchell and R. A. McGinty. 1939. Effect of certain treatments on the carbohydrate reserves of asparagus crowns. South Carolina Agri. Exp. Sta. Bull. 321.
16. Scott, L. E. 1954. Carbohydrate reserves of asparagus crowns. Trans. Peninsula Hort. Soci. 44：8.

17. Shelton, D. R. and M. L. Lacy. 1980. Effect of harvest duration on yield and on depletion of storage carbohydrates in asparagus root. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 105 : 332-335.
18. Smith, D. 1969. Removing and analyzing total nonstructural carbohydrate from plant tissue. Wis. Agri. Exp. sta. Bull. 41 : 11.
19. Tiedjens, V. A. 1924. Physiological aspects of *Asparagus officinalis* L. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 21 : 129-140.

The Content and Distribution of Carbohydrates in Asparagus Rhizome and Storage Roots¹

CHEN, Y. W.²

Summary

Results from analysis of soluble carbohydrates showed that high soluble carbohydrate content in storage roots and is much lower in rhizome.

It indicated that carbohydrate of photosynthetic products from the mother stalks of the asparagus plant could be translocated and reserved in storage roots for the growth of spear and plant.

Rhizome acted mainly as a pathway of soluble carbohydrate.

The starch content of both rhizome and storage roots was relatively low, not exceeding 2% of dry weight. This indicated that stored starch was not important in the growth of asparagus.

Also, the carbohydrate content proved to be not related to sizes of storage roots and plant sexes but related to maturity of storage roots. The carbohydrate content also varied at the different parts of the storage roots. The closer to the rhizome revealed the higher the carbohydrates content.

Accepted for publication : October 1, 1990.

1. Contribution No. 179 from Tainan District Agricultural Improvement Station.

2. Director, Tainan DAIS. 350 Linsen Rd, Section 1, Tainan 70125 Taiwan, R.O.C.