

과제구분	기본연구	Code : LS0208	수행구분	전반기	연구기간	'00 ~ '02(완결)
연구과제명	동해안 관광작목 개발 연구			연구책임자	안수용	
세부과제명	실파(<i>Allium fistulosum</i> L.) 주년생산을 위한 양액재배 기술 개발					
연구원별임무						
구분	소속	성명	담당임무			
세부과제책임자	해안농업시험장	원재희	연구과제 총괄수행			
공동연구자	"	김상수	생육조사 협조			
	"	안수용	"			
색인용어	실파, 양액재배, 주년생산, 품종, 양액종류 및 농도, 양액조성					

ABSTRACT

Young Welsh onion (*Allium fistulosum* L.) is the one of major spicy and leafy vegetables which is produced and consumed year-round in Korea and has advantages of growing such as short growing period and high adaptability of temperature. Young Welsh onion could be grown hydroponically with advantages of cleanness of processing and freshness of supplement.

These experiments were carried out to select suitable Welsh onion varieties for seasonal cultivation and suitable nutrient solution and concentration, and then make the optimal composition of new nutrient solution for water culture of young Welsh onion.

Ten varieties were tested which were five Korean varieties and five introduced from Japan for the selection of suitable varieties in seasonal cultivation of water culture, which of them were selected cv. Geumjanguedae (Geumjang), Tokyokuro, and Gujo as the most suitable Welsh onion varieties for the season cultivation in recirculating hydroponic system.

Using two selected varieties of Geumjang and Tokyokuro, four different nutrient solutions were tested for the selection of proper nutrient solution and the investigation of optimal ionic concentration of nutrient solution. Considering fresh weight and dry weight increment and all other results, Yamazaki's solution for Welsh onion seedling (YS) was selected as best nutrient solution in our environment and system. And then different nutrient concentrations of selected YS were treated as 0.6, 1.2, 1.8, and 2.4dS·m⁻¹ of electric conductivity (EC). The optimal EC levels according to regression coefficient of fresh weight per block of cv. Geumjang and Tokyokuro were 1.68 and 1.57dS·m⁻¹, respectively.

Thereafter Welsh onion cv. Geumjang was grown in the 1/3, 2/3, 1 strength(S) of

YS to calculate the rate of nutrient absorption and water uptake (n/w). As the results, we proposed new composition of nutrient solution (NS ; NO₃-N 10, NH₄-N 4, PO₄-P 3, K 6, Ca 2, Mg 2, SO₄-S 4me·L⁻¹) for water culture of young Welsh onion.

To compare NS with YS, Welsh onion cv. Geumjang was grown in two solutions of deep flow system and container system, respectively. As the results, fresh weight per block of Welsh onion in NS was 15~20 percent higher than in YS, and quality of Welsh onion between NS and YS was no difference.

1. 연구배경

파는 인경채류에 속하는 다년생 식물로 재배기간이 짧고 연작에 의한 생리장해가 비교적 적어 재배가 용이할 뿐만 아니라, 독특한 향기와 풍미를 지니고 있어 김치를 비롯한 음식의 주요한 양념으로 이용되고 있으며 2002년도 재배면적과 생산량은 21,590ha와 566,828M/T으로 우리나라의 주요한 양념채소이다(Korea Rural Economic Institute, 2003).

국내 파의 주요 재배형태는 봄파, 가을파, 줄기파, 잎파, 싹파, 기타 엇파 등으로 나뉘어져 있는데, 싹파는 일찍 수확하여 판매하는 형태로 작형이 주로 이루어지고 있으며 특히 싹파의 경우 쪽파의 대용이나 5~6월의 대파 단경기에 출하를 목적으로 일찍 수확하여 판매하는 형태로 재배작형이 형성되어 있다(Kwon 등, 1994).

파의 소비는 육류소비와 밀접한 상관관계가 있어 소비량은 매년 증가할 것으로 전망되는데, 청정·고품질화된 신선 채소류의 소비 추세에 따라 파에 있어서도 싹파나 쪽파 등 작고 연하며 어린 파를 선호하는 추세로 최근 수요가 증가하고 있다.

이러한 기호도의 변화에 따라 파의 청정·고품질 재배를 위한 생산기술 및 주년재배를 통한 안정적인 생산·공급체계가 필요해짐에 따라 양액재배를 이용한 재배방법의 확립이 요구되고 있는 실정으로서, 현재 일본의 경우 유리온실 등의 시설 내 양액재배를 이용한 싹파의 주년생산을 통해 소포장 단위의 소비가 이루어지고 있다. 국내에서도 청정·고품질 농산물에 대한 수요의 증가에 따라 싹파의 양액재배가 1990년대 후반부터 상업적으로 싹채소의 하나로서 소면적으로 재배되고 있으며, 앞으로 재배면적이 확대되리라 예상된다.

파 양액재배에 대한 연구는 기존에 다수 행해졌으나(Hisatomi와 Minegishi, 1985; Ueno와 Aoki, 1993; Ikeda 등, 1985; Ito, 1999; Inoue 등, 1996; Lee 등, 1992; Park 등, 1994a; 1994b; Park과 Lee, 1995), 실제 재배 측면에서 실용적 접근에 대한 체계적인 연구는 아직 부족한 상태이다.

따라서 싹파의 양액재배에 대한 실용적인 방법으로서 작형별 적정 품종 및 양액종류를 선발하고 이를 이용하여 적정 양액농도를 구명한 후 싹파의 양액재배에 최적인 새로운 양액을 조성하고자 본 시험을 수행하였다.

2. 재료 및 방법

가. 작형별 적품종 선발

본 시험은 강원도농업기술원 해안농업시험장의 온실과 실험실에서 수행하였으며, 공시작물은 파(*Allium fistulosum* L.)로서 국내산 5품종으로 금장외대파(흥농종묘), 구조파(중앙종묘), 새색시실파(동부한농종묘), 서울백파(농우종묘), 석창외대파(대농종묘)와 일본산 5품종으로 아쿠아 그린, 후유네, 미도리가와, 토쿄구로(이상 協和種苗 ; Kyowa Seed), 스타지암(八江種苗 ; Yae Seed), 등 총 10품종을 사용하여 봄, 여름, 가을과 겨울 등 계절별로 재배하였다. 봄 재배는 2000년 3월 11일 파종하여 4월 1일 정식하였고, 여름재배는 6월 26일 파종하여 7월 14일 정식하였으며 가을 재배는 8월 21일 파종하여 9월 8일 정식하였다. 또한 겨울재배는 12월 9일 파종하여 12월 27일 정식하였다.

재배방식은 담액순환식(deep flow technique ; DFT)으로 하였는데, 베드는 길이 3m, 폭 1.2m, 높이 0.15m이고, 양액탱크는 200L, pump는 1/4HP 수중펌프를 사용하였으며, 양액의 급액간격은 주간에는 10분 급액, 20분 휴식, 야간에는 10분 급액, 30분 휴식으로 하고 양액은 pH와 EC의 보정없이 10일 간격으로 교체하였다. 양액종류는 지바농시액(Table 1, Takekawa, 1990)을 이용하였다.

시험 전에 기내 발아시험으로 $20 \pm 1^\circ\text{C}$ 의 암 조건의 incubator에서 품종별로 12일간의 발아율과 6일간의 발아세를 100립씩 4반복으로 조사하였고 발아속도를 계산하였으며 천립중도 3반복으로 조사하였다.

파종방법은 물을 흡수시킨 양액육묘 전용 폴리우레탄 스폰지 매트에 滴播하였으며, 발아 후 양액육묘를 실시하였으며 양액의 EC는 $0.6 \sim 0.8 \text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 수준으로 공급하였다. 정식 간격은 $10 \times 10 \text{cm}$ 로 하였고, 정식시의 묘는 초장이 $6 \sim 7 \text{cm}$ 정도 된 본엽이 출현한 직후의 건묘를 이용하였다. 또한 정식 2~3주 후 초장이 약 15cm 되었을 때 묘의 도복을 방지하기 위해 네트를 설치하였다.

시험구는 3반복으로 하였으며 생육조사는 구당 10개체씩 수확기에 초장, 엽수, 경경, 지상부의 생체중, 건물중, 건물율을 조사하였으며 작형별로 무기물(Total N, P, K, Ca, Mg, S) 함량을 측정하였다. 또한 봄 작형에서 vitamin C, nitrate, pyruvic acid 함량을 측정하였다.

나. 적정 양액종류 및 농도 선발

본 시험의 공시품종은 선발한 금장외대파(흥농종묘)와 토쿄구로(Kyowa Seed) 2품종을 사용하였으며, 양액종류 선발 시험은 2000년 6월 15일 파종하여 6월 29일 정식하여 8월 25일 수확하였고 적정 양액농도 구명 시험은 2001년 1월 19일 파종하여 2월 7일 정식하여 3월 31일 수확하였다.

재배방식은 플라스틱 사각 용기($40 \times 50 \times 15 \text{cm}$)를 이용하여 담액식으로 처리하였고 뿌리에 산소를 원활히 공급하기 위하여 compressor를 이용하여 공기를 충분히 기폭시켰으며,

파종방법은 발아세와 천립종을 환산하여 播種하였고 재식간격은 10×10cm로 하였다.

양액종류 시험은 파 전용 양액인 지바농시액과 타케가와액, 싹파 전용인 야마자키액, 및 M식 표준액 등 4종류(Takekawa, 1990)를 이용하였고(Table 1), 양액농도 시험은 양액종류 시험에서 선발한 야마자키액을 이용하여 0.6, 1.2, 1.8, 2.4dS·m⁻¹의 4수준으로 처리하였다.

Table 1. Concentration of macronutrients in nutrient solutions used for test.
(Unit : meq·L⁻¹)

Nutrient solution ^z	NO ₃ -N	NH ₄ -N	PO ₄ -P	K	Ca	Mg	SO ₄ -S
C. S.	8.0	4.0	6.0	6.0	2.0	2.0	4.0
M. S.	16.0	1.4	4.0	8.0	8.0	4.0	4.4
T. S.	8.0	4.0	5.0	6.0	2.0	2.5	4.8
Y. S.	9.0	3.0	6.0	7.0	2.0	2.0	4.4

^z C. S. : Nutrient solution of Chiba Agricultural Experiment Station for Welsh onion
M. S. : M's standard solution for nutrient culture
T. S. : Nutrient solution for Welsh onion by Takekawa
Y. S. : Nutrient solution for Welsh onion seedling by Yamazaki

pH와 EC는 보정하지 않고 배양액은 10일 간격으로 교환하였다. 양액 종류와 농도시험에서 각각 7일과 10일 간격으로 식물체 시료를 채취하여 엽수, 초장, 경경, 구당 생체중, 건물중, 건물율을 조사하였고 엽록소 함량, 무기물(Total N, P, K, Ca, Mg, S) 함량 및 배양액 내의 각 이온함량을 측정하였다. 시험구는 완전임의배치 3반복으로 처리하였다.

다. n/w법에 의한 신양액조성

본 시험의 재배방식은 12.5L 용량의 덮개가 있는 밀폐식 플라스틱 용기를 이용하여 담액식으로 하였으며, 양액 내 용존 산소량을 증가시키기 위하여 air compressor를 이용하여 매 30분마다 15분씩 기폭시켜 충분한 aeration을 하였다. 또한 배양액의 온도제어를 위하여 지하수를 환류시킨 담액순환식 양액재배용 베드에 플라스틱 용기가 10cm 정도 잠기게 하여 20±2℃의 배양액 온도가 유지되도록 하였고, 용기 내 광 투과에 의한 녹조류 발생을 차단하기 위하여 플라스틱 용기의 외부를 alluminum foil로 피복하였다.

시험 품종은 금장외대파(홍농종묘)를 이용하였고 시험 양액은 싹파 전용 야마자키액(Table 1, Takekawa, 1990)의 1/3, 2/3 및 1배액(각각 S/3, 2S/3 및 1S)의 양액농도로 각각 처리하였다. 3월 15일 파종하였으며 4월 3일 정식하여 정식 후 20일 자란 묘를 이용하여 4월 23일에 처리별로 양액을 공급하여 시험을 수행하였다. 생육은 전기와 후기로 나눠 1회 양액을 교환하였는데, 전기는 4월 23일부터 5월 6일까지로 13일간, 후기는 5월 6일부터 5월 17일까지 11일간으로 나눠 처리구 반복별로 10L씩 급여하였다.

양액의 pH는 처리시에 6.0으로 보정하였으며, 생육 전기와 후기의 급여 시점과 종료점에 각각 2회씩 총 4회에 걸쳐 양액의 시료를 채취하여 EC와 pH, 그리고 양액 내 이온의 농도를 측정하였고 생육 전기와 후기 2회에 걸쳐 양액 잔량을 측정하였다.

생육조사는 처리시의 묘소질과 양액교환 시기에 전기의 생육조사를 실시하였고, 종료시점에 후기의 생육조사를 실시하였는데, 조사 항목은 초장, 엽수, 엽초부경, 식재구당 생체중 및 건물중, 건물류를 조사하였다. 양액 및 식물체의 각 분석은 상기의 방법에 준하였고 시험구는 완전임의배치 4반복으로 하였다.

양수분 흡수율(n/w)은 식물체에 의한 양액 흡수량과 이온의 농도 측정치를 이용하여 Yamazaki(1984)의 방법에 의해 산출하였다.

라. 신조성 양액 비교

본 시험의 재배방식은 담액식과 담액순환식 두 가지 방법을 이용하였으며 시험 품종은 금장외대파(흥농종묘)를 이용하였고 양액 처리는 싹파 전용 야마자키액을 대조구로 하여 n/w 법에 의한 양수분 흡수율 측정을 통해 새로 조성한 양액과의 비교 재배시험을 하였다(Table 12). 10월 10일 파종하여 10월 30일 정식하여 육묘한 후 12월 1일에 새로 조성한 양액과 싹파용 야마자키액을 각각 공급하였다. 원수는 담액식에서는 증류수로 이용하였고 담액순환식에서는 지하수를 이용하였다. 또한 담액식에는 양액을 최초로 급여한 후 양액을 교환하지 않았고, 담액순환식에서는 일주일 간격으로 양액을 교환하였다. 시험의 종료일은 담액식에서는 12월 23일, 담액순환식에서는 1월 6일이었다. pH는 두 재배방식 모두 처리시에 6.0으로 보정하였다. 시험의 조사 및 분석은 상기의 방법에 준하였고 시험구는 완전임의배치 3반복으로 하였다.

본 시험의 모든 결과에 대한 통계처리는 SAS program(ver. 8.01, SAS Institute Inc.)을 이용하여 Duncan의 다중검정 및 최소유의차를 구하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 작형별 적품종 선발

품종별 기내 발아율과 발아세를 보면(Table 2), 발아율은 모든 품종에서 70% 이상이었고, 석창외대파와 스타지암 2품종을 제외한 모든 품종에서 90% 이상으로 높았으며, 특히 토쿄구로는 100% 발아하였다. 국내산 품종과 일본산 품종간의 평균 발아율은 93.9%로 같았다. 발아세는 구조파와 토쿄구로가 모두 평균 99.3%로 가장 양호하였으며 국내산 품종의 평균 발아세가 일본산 품종에 비해 다소 높았다. 발아속도는 금장외대파, 구조파 및 후유네가 41 이상으로 높는데 비해 석창외대파, 아쿠아그린 및 스타지암의 발아속도는 30 미만으로 낮았으며 국내 품종의 평균 발아속도가 일본 품종에 비해 다소 높았다. 천립중은 토쿄구로가 2.43g으로 가장 무거웠으며 일본산 품종이 국내산보다 무거운 경향이였다.

봄 작형의 품종별 생육을 살펴보면(Table 3), 초장은 토쿄구로가 53.6cm로 가장 컸고 서울백파와 석창외대파가 가장 작았으며, 토쿄구로를 제외하면 국내산 품종과 일본산 품종간의 차이는 없었다. 엽수는 구조파가 4.3매로 가장 많았고 아쿠아그린과 토쿄구로 순이었으며 국내산 품종이 일본산보다 평균 0.1매 많았다. 엽초부경은 토쿄구로가 4.5cm로 가장

양호하였고 금장외대파와 새색시실파 순이었다. 지상부의 구당 생체중은 토쿄구로가 51.8g으로 가장 무거웠고 금장외대파, 후유네 순이었고 구당 건물중은 토쿄구로가 3.43g으로 가장 무거웠고, 금장외대파와 구조파 순이었으며, 평균 구당 생체중과 건물중 모두 국내산보다 일본산 품종이 다소 무거웠다. 지상부의 구당 건물률은 생체중과 건물중의 결과와는 달리 금장외대파, 토쿄구로 및 후유네 품종이 낮았고 석창외대파, 구조파, 서울백파가 높았는데, 이는 생장이 빠른 품종과 더딘 품종의 특성상 희석효과에 의하여 건물률이 낮아진 원인이라 여겨지며, 국내산 품종의 평균 지상부 건물률이 일본산에 비해 높은 경향이었다. 상대적 엽록소 함량은 미도리가와가 53.0으로 가장 높았고 서울백파가 가장 낮았다. 잎끝 마름증은 품종간에 차이가 없었다. 이상과 같이 봄 작형에는 토쿄구로와 금장외대파가 외형적인 생육에 있어서 가장 양호하였다.

Table 2. Summary of germination characteristics of Welsh onion varieties used for test.

State	Variety	Germination percent ^z	Germinative energy ^y	Germination speed ^x	Thousand seed wt (g)
Korea	Geumjang	98.7 a ^w	97.3 a	41.28 a	1.94 ef
	Guzo	99.3 a	99.3 a	41.89 a	1.99 f
	Saesaeksi	97.3 ab	96.7 a	30.13 c	1.86 g
	Seoulbaek	96.0 ab	92.7 a	33.67 b	1.86 g
	Sukchang	78.0 c	70.7 c	23.13 d	2.02 e
	Average	93.9	91.3	34.02	1.93
Japan	Aqua Green	92.0 b	82.7 b	25.89 d	2.24 c
	Fuyune	97.3 ab	97.3 a	40.83 a	2.00 ef
	Midorikawa	96.7 ab	96.0 a	32.95 bc	2.35 b
	Starziam	83.3 c	71.3 c	20.22 e	2.10 d
	Tokyokuro	100.0 a	99.3 a	34.49 b	2.43 a
	Average	93.9	89.3	30.88	2.22

^z Germination percent : at 12days after sowing at 20±1°C, 24h dark.

^y Germinative energy : at 6days after sowing at 20±1°C, 24h dark.

^x Germination speed : $\sum(n_i / t_i)$, n_i : investigation days after treatment , t_i : number of germinated seeds at investigation day

^w Means separation within columns by DMRT, $P=0.01$.

봄 작형의 식물체내 Vitamin C의 함량은 아쿠아 그린이가 52.0mg·100g F.W.⁻¹로 가장 높았고 미도리가와와 서울백파순이였으며 후유네가 35.7mg·100g F.W.⁻¹로 가장 낮았으며 일본산 품종이 국내산보다 다소 높은 경향이였다(Table 4). Nitrate 함량은 새색시실파가 3,366mg·kg FW⁻¹로 가장 높았고 스타지암도 높았으며 금장외대파가 2267mg·kg FW⁻¹로 가장 적었다. 전체 품종의 nitrate 함량은 2267 ~ 3,366mg·kg FW⁻¹의 범위로, 이는 유럽의 채소 생체 내 nitrate 함량 허용기준인 3,500 ~ 4,500mg·kg FW⁻¹보다는 낮은 함량이었다(van der Boon 등, 1990). 식물체내 pyruvic acid 함량은 석창외대파와 금장외대파가 가장 높았고 새색시실파와 아쿠아 그린이가 가장 적었다. 파는 allin의 분해과정에서 매운 맛

성분인 allicin과 부산물로 pyruvic acid 및 ammonia를 생성하는데, Freeman과 Mossadeghi (1970; 1971)는 pyruvic acid 함량과 allicin의 함량간에는 높은 상관관계가 있다고 하였다. 새싹시실파를 제외한 국내 품종들의 pyruvic acid 함량은 상대적으로 일본산 품종들보다 높았다.

Table 3. The growth of hydroponically grown Welsh onion cultivars in spring season.

State	Variety	Leaf length (cm)	No. of leaves	Leaf sheath width (mm)	Top fresh wt (g/block) ^z	Top dry wt (g/block)	Top dry matter ratio(%)	Relative Chl content ^y	Dryness of leaf tip ^x
Korea	Geumjang	48.2 b ^w	3.9 ab	4.2 ab	47.1 ab	3.03 ab	6.63 bc	48.5 ab	1.1 a
	Guzo	47.6 b	4.3 a	3.8 b	39.7 cd	2.84 b	7.16 a	48.6 ab	1.0 a
	Saesaeksi	47.9 b	3.8 ab	4.1 ab	38.6 cde	2.64 bc	6.82 b	50.7 ab	1.0 a
	Seoulbaek	43.8 c	3.8 ab	3.6 b	32.5 ef	2.31 c	7.12 a	46.9 b	1.1 a
	Sukchang	43.6 c	3.8 ab	3.6 b	30.9 f	2.23 c	7.23 a	51.6 ab	1.1 a
	Average	46.2	3.9	3.9	37.8	2.61	6.99	49.3	1.1
Japan	Aqua Green	45.0 bc	4.0 ab	3.7 b	34.9 c-f	2.36 c	6.78 b	49.2 ab	1.0 a
	Fuyune	47.5 b	3.7 b	4.0 b	41.7 bc	2.68 bc	6.44 c	48.1 ab	1.0 a
	Midorikawa	46.5 bc	3.6 b	3.9 b	38.9 cde	2.60 bc	6.69 bc	53.0 a	1.2 a
	Starziam	45.1 bc	3.7 b	3.8 b	32.9 def	2.24 c	6.81 b	49.3 ab	1.1 a
	Tokyokuro	53.6 a	4.0 ab	4.5 a	51.8 a	3.43 a	6.62 bc	51.8 ab	1.0 a
	Average	47.5	3.8	4.1	40.0	2.66	6.67	50.3	1.1

^z 13 ~ 15 plants per each block, 4reps

^y Relative Chlorophyll contents were measured by SPAD 502 (Minolta Co.)

^x Degree of leaf tip dryness (0 : none ~ 5 : very severe)

^w Means separation within columns by DMRT, $P=0.05$

Table 4. Vitamin C, nitrate, and pyruvic acid contents of hydroponically grown Welsh onion cultivars in spring season.

State	Variety	Vitamin C (mg·100g FW ⁻¹)	Nitrate (mg·kg FW ⁻¹)	Pyruvic acid (mg·kg FW ⁻¹)
Korea	Geumjang	39.8 e ^z	2267 c	925.9 a
	Guzo	44.8 c	2490 bc	805.8 ab
	Saesaeksi	38.1 e	3366 a	603.8 c
	Seoulbaek	48.3 b	2685 b	805.9 ab
	Sukchang	42.6 d	2593 bc	947.1 a
	Average	42.7	2,680	817.7
Japan	Aqua Green	52.0 a	2637 bc	659.4 bc
	Fuyune	35.7 f	2390 c	681.2 bc
	Midorikawa	48.5 b	2619 bc	702.9 bc
	Starziam	46.0 c	3237 a	747.5 bc
	Tokyokuro	42.0 d	2474 bc	695.4 bc
	Average	44.8	2,671	697.3

^z Means separation within columns by DMRT, $P=0.05$

여름 작형의 품종별 생육을 보면, 초장은 구조파가 63.4cm로 가장 컸고 아쿠아 그린이가 가장 작았다. 엽수는 구조파가 4.2매로 가장 많았으며 엽초부경은 차이가 없었다. 지상부의 구당 생체중과 건물중은 금장외대파, 구조파, 토쿄구로, 새색시실파가 양호하였고 건물율은 구조파가 가장 높았다. 그리고 잎끝마름증(葉先枯)은 금장외대파가 다소 심하였으나 유의성은 없었다. 이상의 생육 결과를 볼 때, 구조파, 토쿄구로, 새색시실파, 금장외대파가 가장 양호하였다(table 5).

Table 5. The growth of hydroponically grown Welsh onion cultivars in summer season.

State	Cultivar	Top length (cm)	No. of leaves	Leaf sheath width (mm)	Top fresh wt (g/block)	Top dry wt (g/block)	Top dry matter ratio (%)	Dryness of leaf tip ^z
Korea	Geumjang	62.3 ab ^y	4.1 bc	3.6 a	49.6 a	2.93 a	6.06 bc	2.6 a
	Guzo	63.4 a	4.2 a	3.7 a	48.1 a	3.03 a	6.60 a	1.8 a
	Saesaeksi	61.4 abc	3.6 cd	3.7 a	47.7 a	2.88 a	6.24 bc	1.7 a
	Average	63.4	4.0	3.7	48.5	2.95	6.30	2.0
Japan	Aqua Green	57.9 c	3.9 abc	3.7 a	43.7 ab	2.63 ab	6.30 b	1.8 a
	Midorikawa	61.6 abc	3.3 d	3.7 a	44.2 ab	2.60 ab	6.21 bc	1.8 a
	Starziam	59.3 bc	3.7 bcd	3.8 a	36.7 b	2.07 b	5.98 c	1.4 a
	Tokyokuro	63.2 ab	3.8 a-d	3.7 a	48.0 a	2.88 a	6.21 bc	1.8 a
	Average	60.5	3.7	3.7	43.2	2.54	6.17	1.7

^z Degree of leaf tip dryness (0 : none ~ 5 : very severe)

^y Means separation within columns by DMRT, $P=0.05$

가을 작형의 품종별 생육을 보면, 초장은 토쿄구로가 57.0cm로 가장 컸으며 엽수와 엽초부경은 차이가 없었다. 구당 생체중은 구조파가 60.8g으로 가장 무거웠으며 토쿄구로, 금장외대파 순이었다. 구당 건물중은 구조파, 토쿄구로, 서울백파 순으로 무거웠으며 건물율은 구조파, 서울백파, 토쿄구로 순으로 높았다. 엽선고는 품종간 차이가 없었다(table 6).

Table 6. The growth of hydroponically grown Welsh onion cultivars in fall season.

State	Variety	Top length (cm)	No. of leaves	Leaf sheath width (mm)	Top fresh wt (g/block)	Top dry wt (g/block)	Top dry wt ratio (%)	Dryness of leaf tip ^z
Korea	Geumjang	55.3 ab ^y	3.5 a	3.7 a	53.3 abc	3.13	5.89 a	2.0 a
	Guzo	56.6 ab	3.7 a	3.7 a	60.8 a	4.03	6.66 a	1.5 a
	Saesaeksi	53.4 ab	4.2 a	3.8 a	50.1 abc	3.10	6.26 a	1.8 a
	Seoulbaek	53.8 ab	4.2 a	3.7 a	48.5 abc	3.17	6.54 a	1.3 a
	Sukchang	51.9 b	3.7 a	3.7 a	40.7 c	2.43	5.99 a	1.5 a
	Average	54.2	3.9	3.7	50.7	3.17	6.27	1.6
Japan	Aqua Green	51.8 b	3.7 a	3.5 a	42.8 bc	2.63	6.14 a ^y	2.3 a
	Fuyune	56.2 ab	3.7 a	3.8 a	51.6 abc	3.02	5.86 a	2.0 a
	Midorikawa	56.3 ab	3.5 a	3.3 a	46.3 bc	2.82	6.10 a	2.0 a
	Starziam	55.2 ab	3.5 a	3.1 a	47.6 abc	2.77	5.87 a	1.7 a
	Tokyokuro	57.0 a	3.7 a	3.7 a	55.4 ab	3.52	6.37 a	2.0 a
	Average	55.3	3.6	3.5	48.7	2.95	6.07	2.0

^z Degree of leaf tip dryness (0 : none ~ 5 : very severe)

^y Means separation within columns by DMRT, $P=0.05$

겨울 작형의 품종별 생육을 보면, 초장은 미도리가와가 46.0cm로 가장 컸으며 엽수와 엽초부경은 품종간 차이가 없었다. 구당 생체중과 건물중은 미도리가와와 토쿄구로가 가장 무거웠으며 건물율은 차이가 없었다. 잎끝마름증은 새색시실파와 아쿠아 그린이가 가장 심하였다(table 7).

Table 7. Growth of hydroponically grown Welsh onion cultivars in winter season.

State	Variety	Top length (cm)	No. of leaves	Leaf sheath width (mm)	Top fresh wt (g/block)	Top dry wt (g/block)	Top dry wt ratio (%)	Dryness of leaf tip ^z
Korea	Geumjang	42.7 abc ^y	2.8 a	3.7 a	28.1 ab	1.99 abc	7.12 a	0.8 bcd
	Guzo	41.3 abc	2.8 a	3.3 a	22.3 bc	1.78 bc	7.97 a	1.2 b
	Saesaeksi	36.3 d	2.7 a	3.4 a	20.0 c	1.61 c	8.08 a	2.0 a
	Seoulbaek	43.0 abc	3.3 a	3.3 a	27.4 abc	1.91 abc	7.09 a	0.2 d
	Sukchang	39.9 cd	3.2 a	3.5 a	25.5 abc	1.86 abc	7.69 a	0.3 cd
	Average	40.6	3.0	3.4	24.7	1.83	7.59	0.9
Japan	Aqua Green	41.7 abc	3.2 a	3.7 a	28.3 ab	2.15 ab ^y	7.61 a	1.3 ab
	Fuyune	42.3 abc	2.7 a	3.3 a	29.2 ab	2.09 ab	7.23 a	0.7 bcd
	Midorikawa	46.0 a	2.7 a	3.5 a	35.7 a	2.66 a	7.55 a	1.2 b
	Starziam	40.8 bc	3.0 a	3.3 a	23.9 bc	1.75 bc	7.37 a	0.3 cd
	Tokyokuro	43.8 ab	3.0 a	3.7 a	35.2 a	2.63 a	7.55 a	1.3 ab
	Average	42.9	2.9	3.5	30.5	2.26	7.46	1.0

^z Degree of leaf tip dryness (0 : none ~ 5 : very severe)

^y Means separation within columns by DMRT, $P=0.05$

구당 생체중과 건물중 측면에서 작형별로 가장 양호했던 품종을 보면, 봄 작형에서는 금장외대파와 토쿄구로, 여름 작형에서는 금장외대파, 구조파, 새색시실파 및 토쿄구로, 가을 작형에서는 금장외대파, 구조파 및 토쿄구로, 겨울 작형에서는 금장외대파, 미도리가와, 토

교구로가 우수하였다. 종합하면, 연중 작형에 금장외대파와 토교구로가 적합하였고 또한 여름과 가을작형에는 구조파도 적합하였다.

Kawashiro(2001)에 따르면, 외관과 품질이 우수한 천주합흑(千住合黒)계는 근래 들어 일본에서 많이 재배되고 있는 대표 품종군으로, 이에 속하는 金長외대파은 엽신이 농록색이고 분얼이 거의 없고 葉鞘部가 다소 굵고 길며 품질은 좋은 편이며 저온신장성과 월동성이 중간 정도인 심근(深根)파라고 하였고, 천주합병(千住合柄)계인 토교구로(東京黒)는 엽신이 녹색이며 분얼이 거의 없고 엽초부가 크고 길며 품질이 좋은 편이며 저온신장성과 월동성이 중간 정도이고 수량이 많은 심근파라고 하였다. 또한 구조(九條)파는 잎파의 대표 품종으로서 분얼이 많고 엽초부는 짧으며 엽신은 가늘지만 엽육은 얇고 부드러워 잎파로서 일본에서 가장 실패재배에 많이 이용하는 품종이라고 하였다(Udagawa, 1987).

Ikeda 등(1985)은 양액재배에 적합한 실패 품종의 선택 기준은 수량이 높아야 함과 동시에 직립성이 강해 잎꺼짐이 적어야 하며 엽색이 진해야 한다고 하였는데, 이에 덧붙여 내적 품질도 우수한 특성을 갖고 있어야 한다고 생각된다. 이러한 양액재배시 품종 선택 기준에 부합되는 품종으로서 금장외대파와 토교구로 및 구조파가 가장 우수하였다. 따라서 담액순환식 양액재배용 실패 품종으로 위의 3품종을 선발하였다.

나. 적정 양액종류 및 농도 선발

1) 적정 양액종류 선발

외형적 생육을 보면(Table 8), 초장은 ‘금장외대파’와 ‘토교구로’ 두 품종 모두 M식액에서 가장 양호하였으며 엽수의 경우 ‘토교구로’에서는 M식액이 가장 좋았으나, ‘금장외대파’에서는 4종류 배양액 간에 큰 차이가 없었다. 엽초부경은 두 품종 모두 지바농시액에서 가장 좁았고 나머지 3가지 배양액간에는 차이가 없었다. 식재 구당 생체중의 경우 두 품종 모두 야마자키액과 M식액이 가장 양호하였다. 식재 구당 건물중의 경우 타케가와액이 가장 적었고 나머지 3종류 배양액간에는 차이가 없었다.

Table 8. The effects of nutrient solutions on the growth of Welsh onion.

Cultivar	Nutrient solution ^z	Top length (cm)	No. of leaves	Leaf sheath width (mm)	Top fresh wt (g/block)	Top dry wt (g/block)	Dryness of leaf tip ^y	Dry wt ratio (%)
Geumjang	C. S.	62.9 ab ^x	4.0 a	3.6 b	52.9 ab	8.8 ab	2.7 a	5.69 a
	M. S.	65.8 a	4.2 a	3.7 ab	58.6 a	9.7 a	2.3 a	5.81 a
	T. S.	61.5 b	4.0 a	3.7 ab	50.2 b	7.9 b	2.3 a	5.45 b
	Y. S.	65.2 a	4.2 a	3.8 a	60.5 a	9.3 a	2.1 a	5.45 b
Tokyokuro	C. S.	60.2 b	3.7 b	3.3 b	50.7 ab	8.6 a	2.3 a	5.61 a
	M. S.	65.8 a	4.2 a	3.8 a	53.4 a	8.5 a	2.2 a	5.89 a
	T. S.	62.8 ab	3.7 b	3.7 a	47.3 b	7.8 b	2.2 a	5.68 a
	Y. S.	63.1 ab	3.9 ab	3.8 a	56.3 a	8.4 a	2.2 a	5.59 a

^z See Table 1.

^y Degree of leaf tip dryness (0 : none ~ 5 : very severe)

^x Means separation within columns of each cultivar by DMRT, $P=0.05$.

실파 재배중의 양액 종류별 EC와 pH의 변화를 살펴보면(Fig. 1), M식액에서 EC가 $2.2\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 정도로 높았으며, 나머지 배양액들은 $1.6\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 수준으로 상대적으로 낮았다. 처리 후 10일까지는 모든 양액종류에서 EC가 증가하였는데, 이는 대부분의 Allium속 작물 들처럼 초기 생육이 더딘 실파에서 양분 요구량보다 양수량이 높아서 나타난 결과라고 여겨 지고(Inden과 Asahira, 1990), 양액 1차 교환 후인 처리 후 11일부터는 M식액을 제외한 나머지 배양액에서는 서서히 감소하는 경향이였다. pH의 경시적 변화는 모든 종류의 배양액 pH가 초기에는 6.5 부근이었으며 처리 후 10일까지는 모두 서서히 저하되었다. 1차 양액 교환 후인 11일째부터는 M식액을 제외한 3가지 양액이 모두 pH의 지속적인 저하를 보였는데, 이러한 양상은 2차 양액 교환 후인 21일째부터 더욱 심화되었다. M식액의 경우도 1차 교환 후 3~4일까지는 감소하다가 그 후 증가하는 경향을 보였다(Ikeda 등, 1985; Kafkafi, 1990; Lee와 Lee, 2002).

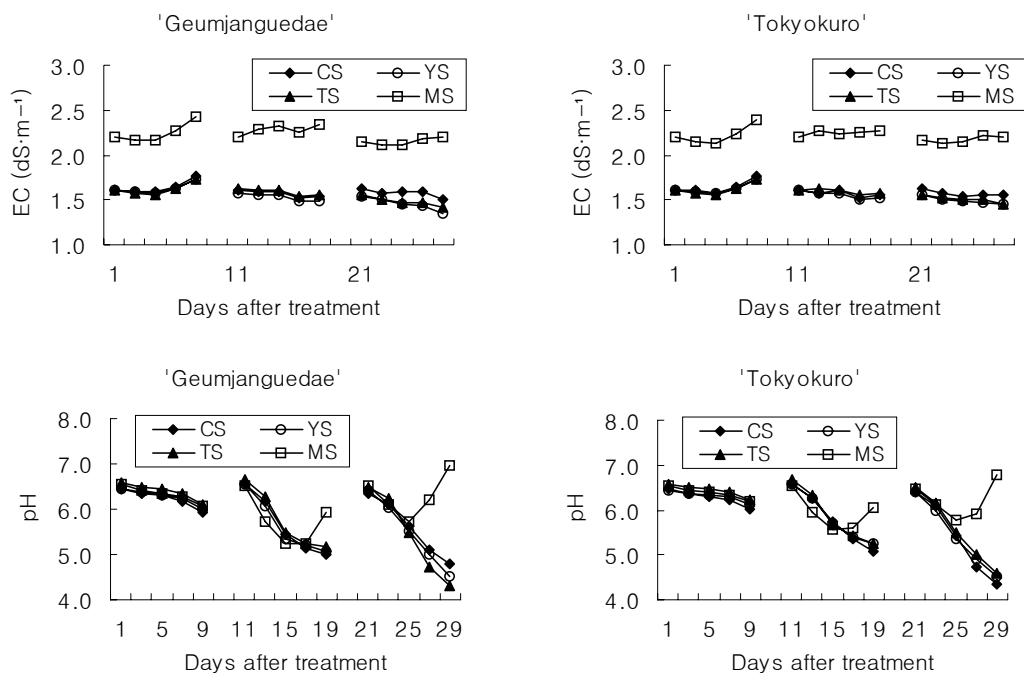


Fig. 1. The changes of EC and pH on the various nutrient solution during the hydroponic culture of Welsh onion. CS, MS, TS, YS : see Table 1.

이상의 결과로 볼 때, 수량 측면에서 양호했던 야마자키액과 M식액 중에서 이온간의 균형이 상대적으로 적절하여 흡수효율이 높았고 상대적으로 배양액 내 이온농도가 저농도이면서 실파의 생육이 우수한 야마자키액을 적정 양액종류로 선발하였다.

2) 적정 양액농도 선발

생육을 보면(Table 9), 초장의 경우 두 품종 모두 $0.6\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 농도 수준과 다른 처리간에는 유의성이 있었으나 나머지 $1.2\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 이상의 처리간에는 유의성이 없었다. 엽폭의 경우 '금장외대파'는 $1.2\text{dS}/\text{m}$ 에서, '토쿄구로'는 1.8과 $2.4\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 에서 가장 양호하였다. 구당 생체중과 건물중도 $1.2\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 수준에서 가장 양호하였고, 1.8, 2.4, $0.6\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 순이었다. 건물율의 경우 생체중과 건물중이 가장 저조하였던 $0.6\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 수준에서 가장 높았으며 2.4, 1.2, $1.8\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 순이었다. 비파괴법으로 측정된 상대적 엽록소 함량의 경우 진한 엽색을 보였던 고농도 처리구에서 높은 경향을 보였다. 그러나 잎끝마름증은 양액농도가 높아질수록 증가하는 경향이었고 $0.6\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 수준에서 가장 적었으며, 잎꺼임은 $0.6\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 수준에서는 발생하지 않았고 $1.2\sim 2.4\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 수준간에는 차이가 없었다. 결국 $0.6\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 수준은 상품성은 양호하나 생육이 부진하였고, 과도하게 양액농도가 높아지면 생육촉진 효과보다 상품성이 저하되는 경향을 나타내었다.

Table 9. The effects of nutrient concentration on the growth of Welsh onion.

Cultivar	Nutrient concn ^z ($\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$)	Top length (cm)	No. of leaves	Leaf sheath width (mm)	Top fresh wt (g/block)	Top dry wt (g/block)	Top dry matter ratio (%)	Relative chl content ^y	Dyness of leaf tip ^x	Leaf lodging ^w
Geumjang	0.6	46.6 b ^y	4.2 a	4.9 b	78.1 b	5.34 b	6.84 a ^v	42.5 c	0.2 c	0.0 b
	1.2	57.1 a	4.3 a	5.4 a	129.0 a	8.13 a	6.30 b	46.7 b	0.7 b	0.9 a
	1.8	56.5 a	4.1 a	5.2 b	121.4 a	7.29 a	6.00 c	50.5 a	0.8 b	1.1 a
	2.4	56.4 a	3.9 a	5.1 b	111.7 a	7.11 a	6.37 b	49.7 a	1.7 a	1.2 a
Tokyokuro	0.6	48.4 b	4.0 a	5.1 b	89.7 c	6.15 c	6.85 a	42.5 c	0.2 c	0.0 b
	1.2	58.4 a	4.4 a	5.5 a	139.1 a	8.97 a	6.45 b	50.1 b	0.6 b	1.2 a
	1.8	57.9 a	4.1 a	5.4 a	130.2 a	8.27 ab	6.35 b	52.3 ab	0.9 a	1.4 a
	2.4	56.3 a	4.0 a	5.3 ab	107.4 b	6.93 bc	6.45 b	53.9 a	1.2 a	1.4 a

^z Different nutrient concentration of the Yamazaki solution for treatment

^y Chlorophyll contents were measured by chlorophyll meter (SPAD 502, Minolta Co.).

^x Degree of leaf tip dryness (0 : none ~ 5 : very severe)

^w Degree of leaf lodging (0 : none ~ 5 : very severe)

^v Means separation within columns of each cultivar by DMRT, $P=0.05$.

생육 중·후기에 최대 수량을 위한 적정 양액농도를 구하기 위하여 처리 후 50일째의 구당 생체중을 이용하여 2차 회귀곡선식을 도출한 결과(Fig. 2), '금장외대파'와 '토쿄구로' 각각 $y = -42.091x^2 + 171.79x + 11.047$ ($R^2=0.8946^*$)와 $y = -50.069x^2 + 157.58x + 15.414$ ($R^2=0.9343^{**}$)이었고, 이 회귀곡선식에 따른 최대값은 '금장외대파'와 '토쿄구로' 각각 $1.68\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 과 $1.57\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 수준이었다. 그러므로 생육 초기에는 양액을 $1.2\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 수준의 저농도로 유지하고 정식 후 30일경인 생육 중기 이후에 $1.6\sim 1.7\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 수준의 고농도로

유지하는 것이 효율적이라 여겨진다(Zinc, 1962). 다만, 이러한 적정 양액농도 수준은 계절적 변동을 고려하지 않은 것으로 본 시험의 경우 봄에 유리온실에서 재배하였으므로 여름과 겨울에 양액농도 수준의 가감이 필요할 것이다.

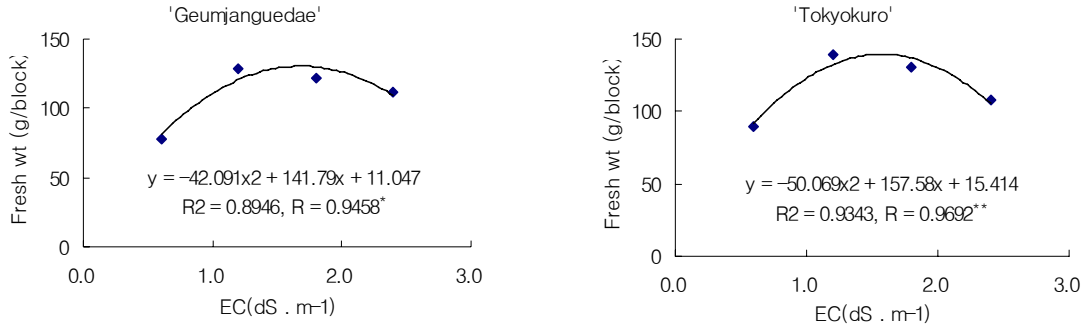


Fig. 2. Regression coefficient of the nutrient concentration for the maximal growth of young Welsh onion.

다. n/w법에 의한 신양액조성

24일의 처리 기간 동안 모든 처리 수준에서 양액의 EC는 지속적으로 감소하였는데, 생육 전기(13일간)에 비해 후기(11일간)의 변화 폭이 더 컸으며 농도에 따라 그 정도가 다소 차이가 있었다. 가장 심한 변화폭을 나타낸 처리는 2S/3 처리구로서, 생육 전·후기 모두 공급시의 EC ($1.25\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$)보다 $0.74\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 만큼 저하되어 60%의 감소율을 나타내었다. pH는 전기와 후기의 변화 양상이 비슷하였으며 상대적으로 처리기간이 짧았던 후기의 변화가 다소 심하였는데, S/3의 낮은 농도에서는 pH가 하강하였고, 상대적으로 고농도인 2S/3과 1S에서는 pH가 하강하였다(Fig. 3).

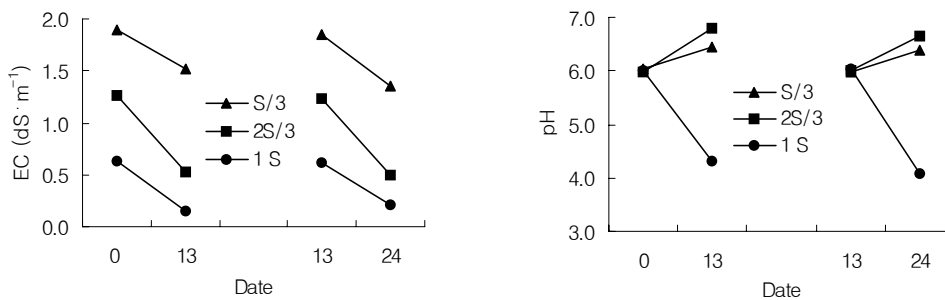


Fig. 3. The changes of electric conductivity and pH on the ionic strength of nutrient solution in welsh onion. S : Standard concentration of nutrient solution for Welsh onion seedling by Yamazaki.

양액 농도에 따른 생육을 보면(Table 10), 초장은 농도가 높을수록 증가하여 1S에서 가장 길었다. 엽수와 엽초부경은 통계적 유의차는 없었으나 수치적으로 1S와 2S/3에서 S/3에

비해 다소 증가하였다. 지상부의 구(block)당 생체중과 건물중은 1S에서 가장 높았고 S/3에서 가장 낮았으나 생체중에서 그 차이가 더욱 뚜렷하였다. 지상부의 건물률은 생체중과 건물중의 처리간 경향과는 반대로 생육이 가장 부진하였던 S/3에서 가장 높았고 1S에서 가장 낮았는데, 이는 고농도 처리일수록 양액 흡수량이 상대적으로 많았고 생육도 왕성하였기 때문에 건물률이 낮았다고 사료된다.

Table 10. The effect of nutrient concentration on the growth of Welsh onion.

Ionic strength ^z	Top length (cm)	No. of leaves	Leaf sheath width (mm)	Top fresh wt (g/block)	Top dry wt (g/block)	Top dry matter ratio (%)
1S	56.2 a ^y	4.7 a	6.0 a	104.9 a	5.38 a	5.13 c
2S/3	52.8 b	4.7 a	6.0 a	95.8 b	5.19 ab	5.42 b
S/3	49.3 c	4.5 a	5.7 a	75.3 c	4.66 b	6.19 a

^z S : Standard concentration of nutrient solution for Welsh onion seedling by Yamazaki.

^y Means separation within columns by DMRT, $P=0.05$.

Table 11은 싹파용 Yamazaki 양액을 이용하여 생육 전기와 후기로 나뉘 각각 13일과 11일, 총 24일에 걸쳐 시험재배한 싹파의 양수분 흡수율을 계산한 n/w(nutrient uptake / water absorption) 값으로서, 전체적으로 볼 때 생육 시기에 따라 변화하였으며 양액 농도가 높을수록 증가하는 경향이였다.

Table 11. Calculated n/w values of Welsh onion at each concentration of Yamazaki's solution and growth period.

Ionic strength ^z	Growing period	n/w (meq·L ⁻¹)						
		NO ₃ -N	NH ₄ -N	PO ₄ -P	K	Ca	Mg	SO ₄ -S
S	1st	12.66	6.80	4.52	6.88	2.12	1.79	2.23
	2nd	15.54	6.06	4.69	7.52	2.31	1.90	2.42
2S/3	1st	9.75	3.64	2.37	8.01	2.29	2.45	1.17
	2nd	12.22	4.29	3.09	6.72	2.46	2.15	1.76
S/3	1st	5.68	2.21	2.32	5.05	1.70	1.78	1.53
	2nd	7.15	1.88	2.30	4.28	1.36	1.29	1.89
Mean	1st	9.36	4.22	3.07	6.65	2.04	2.01	1.65
	2nd	11.64	4.08	3.36	6.18	2.04	1.78	2.03
Total mean		10.50	4.15	3.21	6.41	2.04	1.89	1.84

^z S : see Fig. 1.

^y The n/w on the concentration of each macronutrient calculated as followed.

$$\text{if } y > y_1, n/w = \frac{a}{w} (y - y_1) + y_1 ; \text{ if } y < y_1, n/w = y_1 - \frac{a}{w} (y_1 - y)$$

a : the amount of total treatment of nutrient solution(L)

w : the amount of absorption of nutrient solution(L)

y and y₁ : the concentration at the time of initial and end of treatment (me/L)

* 1st : from 23th April to 6th May, 2nd : from 5th May to 17th May

NO₃-N의 경우 생육 시기와 농도에 따라 일정하게 변화하는 경향을 보여 생육 전기보다는 후기에 평균적으로 23%가 높았으며 농도별로는 고농도인 1S의 경우 12.66 ~ 15.54me·L⁻¹로 높았고 저농도인 S/3에서는 5.68 ~ 7.15me·L⁻¹로 낮았다. NH₄-N의 경우 양액농도가 높을수록 n/w 값이 증가하였으며 생육 전기와 후기에 양액농도에 따라 다소 다른 반응을 보였다. 2S/3에서는 전기에 비해 후기의 n/w 값이 다소 증가하였으나 S/3에서는 생육전기와 후기에 각각 2.21과 1.88me·L⁻¹이었고 1S에서는 6.80과 6.06me·L⁻¹이었다. PO₄-P의 경우 대체적으로 생육 전기와 후기 간에는 큰 차이를 보이지는 않았고 양액농도에 따른 차이를 나타내었다. 2S/3과 S/3의 n/w 값은 2.32 ~ 3.09me·L⁻¹로 큰 차이가 없었으나 1S의 n/w 값은 생육 전·후기 각각 4.52와 4.69me·L⁻¹로 상대적으로 높았다. K⁺의 n/w 값은 1S와 2S/3간에는 차이가 없었고 저농도인 S/3에서 다소 낮았으며 Ca²⁺의 n/w 값도 K⁺와 같은 경향이였다. Mg은 2S/3에서 n/w 값이 가장 높았으나 전체 처리구에서 1.29 ~ 2.45me·L⁻¹로 큰 차이는 없었고 SO₄-S의 n/w 값은 생육 전기에 비해 후기가 다소 높았으며 양액농도가 높은 1S에서 2.23과 2.42me·L⁻¹로 대체로 낮았다.

본 시험에서 전체적으로 처리한 양액 농도와 생육기간 동안의 n/w 값의 평균은 NO₃-N 10.50, NH₄-N 4.15, PO₄-P 3.21, K 6.41, Ca 2.04, Mg 1.89, SO₄-S 1.84me·L⁻¹이었다. 이러한 결과는 본 시험에 이용하였던 싹파 전용 Yamazaki액보다는 NO₃-N과 NH₄-N은 1me·L⁻¹만큼씩 더 높고 PO₄-P는 3me·L⁻¹만큼 낮은 수준이었다. 따라서 본 시험의 n/w 값을 기준으로 NO₃-N 10, NH₄-N 4, PO₄-P 3, K 6, Ca 2, Mg 2, SO₄-S 4me·L⁻¹로 조성되는 새로운 싹파용 양액을 조성하였다(Table 12). 이 새로이 조성한 싹파 전용 양액과 기존의 싹파 전용 Yamazaki액은 질소 급원의 비율과 농도 및 PO₄-P 농도에서 차이를 보여 두 가지 배양액간의 비교재배 시험을 통한 검토가 필요하다고 판단되었다.

Table 12. The optimal concentration of macronutrients and composition of fertilizers in nutrient solution for young Welsh onion by n/w value of Yamazaki.

Macronutrient	Fertilizer			
	(me·L ⁻¹)		(me·L ⁻¹)	(mg·L ⁻¹)
NO ₃ -N	10	Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	2	236.0
NH ₄ -N	4	KNO ₃	7	707.7
PO ₄ -P	3	NH ₄ H ₂ PO ₄	3	115.0
K	7	MgSO ₄ ·7H ₂ O	2	246.5
Ca	2	NH ₄ NO ₃	1	80.1
Mg	2	(NH ₄) ₂ SO ₄	2	132.1
SO ₄ -S	4			

라. 신조성 양액 비교 시험

1) 담액순환식에서의 비교

새로 조성한 실패 전용 양액(NS)과 싹파용 야마자키액(YS)을 표준농도를 기준으로 담액순환식을 이용한 실패의 양액재배시 양액내 EC와 pH의 변화는 Fig. 4와 같다. 양액 급여시 NS의 EC는 YS에 비해 $0.15\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 만큼 높았으며 일정한 농도 수준을 지속적으로 유지하였으나 YS의 경우 양액농도가 다소 상승하는 경향이였다. pH는 전체적으로 저하되는 경향이였으며 특히 NS의 pH는 YS에 비해 생육후기로 갈수록 저하 정도가 심하였다.

생육을 보면(Table 13), 초장은 NS와 YS에서 각각 54.8cm와 53.4cm로 두 양액종류간에 유의차는 없었고, 엽수는 각각 4.0과 3.8매로 유의성이 인정되었다. 엽초부경은 NS와 YS에서 각각 4.2mm와 4.1mm로 유의차가 없었다. 지상부의 구당 생체중은 각각 58.6과 48.4g/block으로 유의차가 있었으며 지상부의 구당 건물중 또한 각각 3.87과 2.92g/block으로 유의성이 있었다. 지상부의 건물률은 각각 6.52와 6.47%로 유의성이 없었다. 수량은 NS와 YS에서 각각 23.1과 19.1ton·ha⁻¹로 처리간 유의성이 있었다. 이상과 같은 결과로 볼 때, 두 양액종류 NS와 YS에 의한 실패 지상부의 생육은 엽수와 생체중 및 건물중에 영향을 미친 것으로 나타났다. 지상부의 생체중은 NS에서 YS보다 21%가 증가되어 이에 따라 동일한 수준으로 수량이 증가되었으며, 건물중에서는 더욱 증가율이 커져 32%가 증가되었다. 일반적으로 동일한 조건에서 생체중 및 건물중의 증가에 따라 건물률이 감소하는 것이 일반적이나 본 시험에서는 NS에서 YS에 비해 지상부의 생체중과 건물중이 각각 21%와 32%가 증가하였음에도 불구하고 건물률이 감소하지 않았던 것은 NS의 양액농도가 다소 높았기 때문이라고 여겨진다.

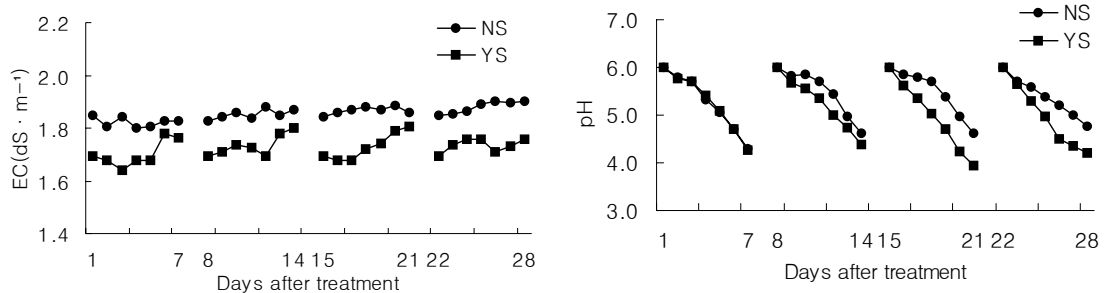


Fig. 4. The changes of electric conductivity(EC) and pH in nutrient solutions for water culture of DFT system in young Welsh onion. NS : new nutrient solution for water culture of young Welsh onion. YS : nutrient solution for water culture of Welsh onion seedling by Yamazaki.

Table 13. The effect of nutrient solution on the growth of young Welsh onion grown hydroponically by DFT system.

Nutrient solution ^z	Top length (cm)	No. of leaves	Leaf sheath width(mm)	Top fresh wt (g/plant)	Top fresh wt (g/block)	Top dry wt (g/block)	Top dry matter ratio (%)	Yield (ton·ha ⁻¹)
NS	54.8	4.0	4.2	3.8	58.6	3.87	6.52	23.1
YS	53.4	3.8	4.1	3.7	48.4	2.92	6.47	19.1
LSD _{0.05}	ns	0.2	ns	ns	6.6	0.83	ns	2.6

^z See Fig. 1.

두 양액종류 처리에 따른 실패 체내 vitamin C와 nitrate 함량을 보면(Table 14), vitamin C의 경우 NS는 41.2, YS는 46.4mg/100g Fresh wt로서 수치상의 차이는 있었으나 유의성은 없었다. 또한 nitrate 함량 역시 두 양액종류에서 각각 2,377과 2,204mg·kg⁻¹로서 유의차가 없었다.

Table 14. The vitamin C and nitrate contents according to nutrient solutions for young Welsh onion grown hydroponically by DFT system.

Nutrient solution ^z	Vitamin C (mg/100g Fresh wt)	Nitrate (mg·kg ⁻¹)
NS	41.2	2,377
YS	46.4	2,204
LSD _{0.05}	ns	ns

^z See Fig. 1.

본 시험에서 NS는 YS에 비해 양분의 흡수, 특히 NH₄-N의 흡수가 왕성하여 생육 후기에 pH의 저하속도가 다소 빠른 경향이었으나 생육은 촉진되어 수량이 20% 이상 증가되었으며 반면에 무기물 함량은 큰 차이가 없었고 vitamin C와 nitrate 함량 또한 차이가 없었다. 따라서 새로 조성한 양액은 싹파용 Yamazaki액에 비해 실패의 양액재배에 적합하다고 여겨진다.

2) 담액식에서의 비교

Fig. 5은 처리 후 경시적인 EC와 pH의 변화를 나타낸 것으로, EC는 대체적으로 생육 후기로 갈수록 감소하는 추세였으며 NS에서 YS보다 감소폭이 다소 더 컸다. pH는 YS에서 일정한 수준을 유지하였으나 NS에서는 처리 후 서서히 감소하여 처리 후 21일째에는 5.14까지 하강하였다. pH에 있어서는 7일 주기로 양액을 교환하였던 담액순환식의 NS에서 처리시 pH 6.0에서 4.0으로 저하되었으나 담액식에서는 처리 후 21일째에도 6.0에서 5.14로 저하되어 상대적으로 저하속도가 낮은 양상이었다.

생육을 보면(Table 15), 초장과 엽수는 처리간 차이가 없었고, 엽초부경은 NS와 YS에서 각각 3.45와 3.27mm로 두 처리간 차이가 있었다. 지상부 생체중은 NS와 YS에서 각각 38.7과 33.5g으로 NS가 YS에 비해 15% 증가하였다. 건물중은 처리간 유의차는 없었고 건물률은 생육이 왕성하였던 NS에서 5.29%로 YS의 5.71%보다 낮았다. 엽록소의 상대적 함량은 NS와 YS 각각 4.13과 3.88g·m⁻²로 처리간 유의차가 있었다. lwata(1983)는 질소 급원으로 NO₃-N에 비해 NH₄-N의 비율이 높아지면 순무의 엽색이 암록색으로 변하였고 엽록소 함량은 증가하였다고 보고하였는데, 본 시험에서 NS의 엽록소 함량이 YS에 비해 높았

던 것은 상대적으로 $\text{NH}_4\text{-N}$ 의 비율이 높았기 때문이라고 여겨진다.

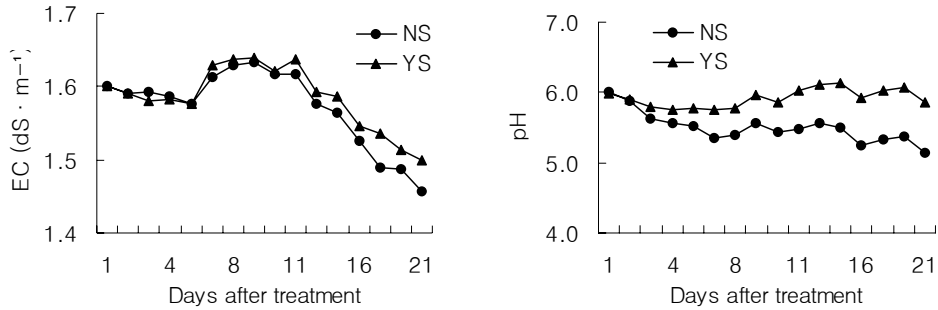


Fig. 5. The changes of EC and pH according to nutrient solution for water culture of container in young Welsh onion. NS and YS : see Fig. 1. Initial EC of both treatments were adjusted $1.6\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$.

담액순환식과 담액식 수경재배 시스템간의 NS와 YS에서의 생육을 비교해 보면, 대체적으로 NS가 YS에 비해 생육이 양호하였다. 지상부의 구덩 생체중에서 두 시스템 모두 유의성 있게 NS가 양호하였고 나머지 항목에서는 다소 차이가 있었으나 전체적으로 볼 때 NS가 YS에 비해 좋은 양상이었다. 이와 같은 두 가지 양액종류 NS와 YS에 따른 생육의 반응이 처리하였던 양액재배 시스템인 담액순환식과 담액식 모두에서 유사한 경향이 나타난 것으로 보아 실파 생육의 측면에서 볼 때 NS가 YS에 비해 우수하다고 여겨진다.

Table 15. The effects of nutrient solution on the growth of young Welsh onion grown hydroponically by container culture system.

Nutrient solution ^z	Top length (cm)	No. of leaves	Leaf sheath width (mm)	Top fresh wt		Top dry wt (g/block)	Top dry matter ratio (%)	Relative chlo content ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$)
				(g/plant)	(g/block)			
NS	43.6	3.5	3.45	3.0	38.7	1.91	5.29	4.13
YS	44.3	3.7	3.27	2.7	33.5	1.84	5.71	3.88
LSD _{0.05}	ns	ns	0.17	0.2	3.4	ns	0.41	0.18

^z See Fig. 1. Initial EC of both treatments were adjusted $1.6\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$.

이상과 같은 담액식과 담액순환식의 두 재배방식을 이용한 NS와 YS 양액종류의 비교재배 시험에 있어서 NS는 YS에 비해 양분의 흡수, 특히 $\text{NH}_4\text{-N}$ 의 흡수가 왕성하여 생육 후기에 pH의 저하속도가 다소 빠른 경향이었으나 생육은 촉진되어 수량이 15~20% 이상 증가되었으며 품질 면에서 차이가 없었다. 따라서 실파 전용으로 조성한 새로운 양액이 실파의 생육 특성에 적합하다고 여겨지고 앞으로 생육단계별 양액농도의 변화 및 조성의 변화, 그리고 계절에 따른 이온의 가감 등에 대한 추가 검토와 품질을 향상시킬 수 있는 양액의 조성 및 사용방법에 대한 검토도 필요하다고 여겨진다.

4. 적 요

실파는 생육기간이 짧고 온도 적응성이 높아 주년생산이 가능한 작목으로, 국내에서는 양념채소 및 다양한 쌈채소류의 일부로 재배되고 있다. 이러한 실파의 양액재배에 적합한 품종의 선발하고자 국내 5품종과 일본 5품종 등 총 10품종을 공시하여 작형별로 담액순환방식으로 재배한 결과, 작형별 적 품종으로 금장외대파와 토교구로 및 구조파 3품종을 선발하였다. 선발된 금장외대파와 토교구로 두 품종을 공시하여 적정 양액종류 선발을 위한 4가지 양액 비교시험을 하여 싹파용 야마자키액을 선발하였고 선발된 싹파용 야마자키액을 이용하여 적정 농도 구명 시험을 실시하여 적정 양액농도가 금장외대파와 토교구로 품종 각각 $1.68\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 과 $1.57\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 수준이라는 것을 밝혔다. 이와 같은 재배시험을 통해 선발된 양액인 싹파용 야마자키액을 이용하여 실파의 양액재배에 최적의 새로운 양액을 개발하고자 양수분흡수율을 측정하여 n/w값을 산출한 결과 실파 담액순환식용 적정 양액조성($\text{NO}_3\text{-N}$ 10, $\text{NH}_4\text{-N}$ 4, $\text{PO}_4\text{-P}$ 3, K 6, Ca 2, Mg 2, $\text{SO}_4\text{-S}$ $4\text{me}\cdot\text{L}^{-1}$)을 제안하였다. 또한 새로운 양액을 검증하고자 기존의 싹파용 야마자키액을 대비로 하여 담액방식과 담액순환방식으로 비교시험한 결과 새로 조성한 신양액의 지상부 생육이 15~20% 증가하였으며 품질 측면에서 차이가 없었다.

5. 인용문헌

- Freeman, G. G. and N. Mossadeghi. 1970. Effect of sulphate nutrition on flavour components of onion (*Allium cepa*). J. Sci. Food Agric. 21:600-615.
- Freeman, G. G. and N. Mossadeghi. 1971. Influence of sulphate nutrition on the flavour components of garlic (*Allium sativum*) and wild onion (*A. vineale*). J. Sci. Food Agric. 22:330-334.
- Hisatomi, T. and M. Minegishi. 1985. Managing evaluation of the producing hoso-negi (*Allium fistulosum* L.) by simple gravel culture. Bulletin of the Nara Agricultural Experiment Station 16:36-42 (In Japanese).
- Ikeda, H., Y. Yoshida, and T. Osawa. 1985. Effects of ratios of NO_3/NH_4 and temperature of the nutrient solution on growth of Japanese honewort, garland chrysanthemum and welsh onion. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 54:58-65 (In Japanese).
- Inden, H. and T. Asahira. 1990. Japanese bunching onion (*Allium fistulosum* L.). pp. 159-178. In, Edit. Brewster, J. and H. Rabinowitch. 1990. Onions and allied crops. Vol. III. Biochemistry, food science and minor crops. CRC Press.
- Inoue, K., K. Sugimoto, S. Kondo, Y. Hayata, and H. Yokota. 1996. Uptake of exogenous L-ascorbic acid by lettuce (*Lactuca sativa*) and leaf onion roots through immersion. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 65:537-543 (In Japanese).

- Ito, J.S. 1999.** Optimal composition of nutrient solution for the solution culture of welsh onion seedling. Research Report of Shimane Agricultural Experiment Station
- Iwata, M. 1983.** Effects of nitrogen sources and nitrogen-supplied period on the growth, yield, and quality of vegetable crops. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 24:265–275.
- Kafkafi, U. 1990.** Root temperature, concentration and the ratio $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ effect on plant development. *J. Plant Nutr.* 13:1291–1306.
- Kawashiro, H. 2001.** Cultivar of Welsh onion. pp. 1010–1014. In ; Nishi, S. et al. Ed. 2001. Handbook of vegetables. 2nd ed. Yokendo (In Japanese).
- Korea Rural Economic Institute, 2003.** Agricultural Outlook 2003. Seoul. pp. 419–426 (In Korean).
- Kwon, Y.S., M.S. Kim, and Y.K. Jeo. 1994.** Welsh onion. pp. 176–210. In, Lee, W.S. et al. edit. Cultural technique of vegetables in Alliaceae. Daegu. Kyungpook Natl. Univ. Press.
- Lee, B.I., J.W. Lee, K.D. Kim, S.K. Lee. S.B. Chung. 1992.** A study on the efficient utilization of aquaculture greenhouse by paralleling vegetable nutrient culture systems. *J. Biol. Production Fac. and Environ. Control* 1(2):123–134.
- Lee, J.G. and B.Y. Lee. 2002.** Growth and nutrient–water uptake characteristics of *Oenanthe stolonifera* DC. as affected by the concentration of nutrient solution in closed hydroponic system. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 43:582–586 (In Korean).
- Park, K.W., and J.H. Lee. 1995.** Effects of nutrient solution temperatures on the growth and quality of welsh onion (*Allium fistulosum* L.) in winter season. *J. Biol. Production Facil. Environ. Control* 4(2):144–151 (In Korean).
- Park, K.W., J.H. Lee, and M.H. Chiang. 1994.** Effects of NO_3^- -N: NH_4^+ -N ratio in nutrient solution on the growth and quality of welsh onion (*Allium fistulosum* L.). *J. Biol. Production Facil. Environ. Control* 3(2):99–105.
- Park, K.W., J.H. Won, and J.H. Lee. 1994b.** Effects of nutrient solutions and cultivars on the growth and quality of welsh onion (*Allium fistulosum* L.). *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 12(2):2 (abstracts).
- Takekawa, M. 1990.** Text book of hydroponics. pp. 38–41, 174–177, 272–273. Fuminkyokai Co. Tokyo (In Japanese).
- Udagawa, Y. 1987.** Cropping system and cultivar of Welsh onion. pp. 545–547. In ; Ito, T. 1987. The cultivation technique of vegetables. Seimontosinkoshya (In Japanese).
- Ueno, C. and K. Aoki. 1993.** Varietal differences of growth and quality of welsh onion as affected by seeding time. *Kyushu Agricultural Research* 55:175–182 (In Japanese).
- van der Boon, J., J.W. Steenhuizen, and E.G. Steigerver. 1990.** Growth and nitrate concentration of lettuce as affected by total nitrogen and chloride concentration,

NH₄/NO₃ ratio and temperature of the recirculating nutrient solution. J. Hort. Sci. 65:309-321.

Yamazaki, K. 1984. Nutrient solution culture. 2nd Ed. Pak-kyo Co., Tokyo. (In Japanese).

Zink, F.W. 1962. Growth and nutrient absorption of green bunching onion. Proc. Am. Soc. Hort. Sci. 80:430-435.

6. 연구결과 활용제목

- 실파 양액재배에 적합한 품종 선발 (2000. 영농활용 및 학회발표)
- 실파 양액재배에 적합한 양액종류 및 농도 선발 (2000. 영농활용 및 학회발표)