

碩士學位論文

감자 組織培養 中 發生하는 묘의  
透明化현상 抑制

Effect of Dwarfing agent to prevent vitrification  
by potato(*solanum tuberosum*) *in vitro*



110 391

濟州大學校 大學院

園藝學科

李 仙 榮

2000年 12月

# 감자 組織培養 中 發生하는 묘의 透明化 現象 抑制

指導教授 蘇寅燮

李仙榮

이 論文을 農學 碩士學位 論文으로 提出함

2000 年 12 月

李仙榮의 農學 碩士學位 論文을 認准함

심사위원장 \_\_\_\_\_

위 원 \_\_\_\_\_

위 원 \_\_\_\_\_

濟州大學校 大學院

2000 年 12 月

Effect of Dwarfing agent to prevent vitrification  
by potato(*solanum tuberosum*) *in vitro*

Lee, Seon Young

(Supervised by professor So, In Sup)



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF  
THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF MASTER OF  
AGRICULTURE

DEPARTMENT OF HORTICULTURE  
GRADUATE SCHOOL  
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

2000. 12.

# 목 차

Summary .....	1
I. 서언 .....	2
II. 연구사 .....	4
III. 재료 및 방법 .....	6
1. 유묘생산 .....	6
2. 분무경적응시험 .....	6
IV. 결과 및 고찰 .....	8
1. 유묘생산 .....	8
2. 분무경적응시험 .....	15
V. 적요 .....	20
VI. 인용문헌 .....	21

# Summary

To determine effects of dwarfing agent on the shoot growth and micro-tuberization in tissues culture of potato, these experiments were conducted with stem culture stage and field cultivation stage.

The results obtained were as follows :

## **A. Effect of dwarfing agent to preventing vitrification**

1. All of examined dwarfing agent were significantly affected to preventing vitrification by shortening the internode length.
2. Especially 25mg/L Daminozide was significantly reduced internode length for transplanting the aeroponic cultural bed, and Paclobutrazol and Uniconazole also shortened the plant height, but had a detrimental effect to transplanting the aeroponics.
3. Combination of 1.0mg/L BA with varied concentrations of plant growth retardants were increased the number of axillary shoots and microtubers, but showed less the effect to preventing vitrification than without BA.

**B. Growth response by aeroponics of rooted cuttings originated from stem culture with varied dwarfing agent.**

1. The optimum concentration for tuber propagation grown in aeroponics were the plantlets by *in vitro* cultured from 25mg/L Daminozide , 0.001mg/L Paclobutrazol and 0.001mg/L Uniconazol, respectively.
2. The number of mini-tuber at 90days after planting were 204 total of 5 plants treated in Daminozide 25mg/L, 92 in Paclobutrazol 0.001mg/L, 9 in Uniconazol 0.001mg/L, respectively.
3. The accurate and optimum growth retardants for production from *in vitro* originated plantlets and microtubers were MS medium with 25mg/L Daminozide treatment.

# I. 緒 言

남아메리카 고원지대가 원산지인 감자는 타 작물에 비하여 영양학적 측면에서 볼 때 각종 영양소가 균형있게 고루 함유하고 있어서 중요한 식량자원의 하나로 재배되어 왔다. 감자의 식물학적 특성을 보면 분류학적으로 담배, 토마토 및 몇 가지 등과 함께 가지과 작물에 속해있다(감자백과, 1998).

최근 농업기술의 발달로 환경적인 요인들이 크게 바뀌면서 채소류와 화훼류의 재배 등에서 볼 수 있는 바와 같이 재배기술이 다양하게 변해가고 있다.

제주도에서 감자재배는 감귤재배 다음으로 고소득작목으로 주목받고 있다. 그러나 이러한 연속적인 포장재배는 바이러스 감염이 우려되며 감염되기 시작하면 영속적으로 후대에 전염되기 때문에 수량감소와 품질저하의 큰 요인이 되고 있다. 이런 문제점을 해결하기 위해서는 건전한 무병종서를 확보하는 것이 무엇보다 중요하다.

감자와 같은 영양계 번식작물은 일단 한 번 감염되면 다음 세대로 바이러스가 전해지고 또 다른 매개충들에 의해 더욱 더 바이러스 이병도가 높아져 아무리 우량한 품종, 우수한 재배방법을 확보하고 있다 할지라도 수량 감소를 막을 길이 없다(Chester, 1955).

우리나라의 무병종서 생산체계는 1980년대 이전까지는 정부 차원에서 2~3년마다 일본, 캐나다, 미국 등의 지역에서 소량씩 도입하여 증식한 후 보급하였다. 그 이후 1980년대 중반에는 생장점 배양을 통한 무병주를 온실재배로 기본종을 만들고 기본식물→원원종→원종→보급종 등의 단계를 거친 후 보급되어 왔다(감자백과, 1998). 1980년대 후반부터는 기내소괴경 생산기술개발로 대량생산하여 포장 증식 단계를 줄이려는 연구(최, 1969)가 계속되어져 왔으나 생산단가가 비싸고 괴경의 크기가 작으며 발아세가 불균일하고 초기 생육지연에 의한 수량 감소 및 재배관리가 까다롭다.

이런 문제점을 해결하기 위해서는 건전한 무병종서를 심는 것이 무엇보다

중요하다. 국내의 감자 재배면적은 해마다 차이는 있지만 1987년에서 1996년까지 10년간의 평균재배면적은 25,111ha(농림통계연보, 1997)이다. 이중 정부보급종 보급율이 20% 수준으로 농가의 수요량에 크게 부족하다. 특히, 제주도는 종서보급율이 5~6% 수준에 불과한 실정이다.

이에 따라 우리 국내 우수기업인 대상 하이디어에서는 KIST와 공동연구하여 무병종서의 대량체계를 확립하고 세계특허를 출원한 바 있지만 이는 종서 생산만을 위한 방법이다(Joung, 1989).

무병종서로 생산된 소괴경은 맹아 단계를 거쳐 삼목방법에 의하여 발근시키고 이것을 분무경 혹은 수경재배기법을 이용하여 3개월 정도 재배할 경우 10g이상 25%, 5~10g정도가 15%, 5g미만이 60%정도 생산되어 주당 전체 평균 65개의 소괴경을 생산할 수 있다(김,1998)

따라서 조직배양 단계에서 생산된 유묘를 곧바로 수경재배상에 이식할 수 있다면 최소한 2단계의 과정을 생략할 수 있기 때문에 경영상의 큰 이점을 확보할 수 있다.

지금까지의 상식으로 볼 때 성장점 배양으로 시작하여 엽경배양을 거친 후 고농도의 당류 첨가, 저온처리 및 암처리를 통하여 소형의 괴경을 형성하는 것으로 일단 배양 단계를 마치며 이후에 소괴경으로부터 맹아된 유묘를 삼목 발근 혹은 괴경채 식재하여 종서생산을 본격화하게 되는데 이때를 종서의 보급종으로 칭한다. 따라서 기내에서 곧바로 식재단계로 연결될 수 있다면 맹아나 삼목과 같은 과정이 생략될 수 있으므로 경영상 이점이 많으므로 그러한 방안을 연구 개발할 필요가 있다.

그러나 조직배양상의 문제점으로 용기내 투명화 현상(Vitrification)으로 인하여 식물체가 연화되어 죽어버리는 경우가 많다. 이런 문제점을 해결하기 위해서는 결국 묘의 투명화를 방지하는 방안을 찾는 것이 급선무이다.

따라서 본 연구는 감자 종서 생산을 위한 기내 육묘과정 중 발생하는 투명화 현상을 원천적으로 방지하기 위한 방안으로 기내에서 왜화제를 처리하여 건전묘를 만들어 파종에 용이토록하는 방안을 찾고 아울러 각각의 왜화제 처리에 따른 생육상태와 수량성을 비교하여 보았다.

## II. 연구사

감자와 같이 영양번식을 통하여 유지되어온 작물들은 적어도 한가지 이상의 바이러스병에 감염되어 있다고 보는 견해가 있으며(최, 1969) 특히 잠재성 바이러스의 경우는 병징이 잘 나타나지 않으므로 이병 여부를 육안으로 식별하기가 곤란하다. 그리고 바이러스는 그 자체가 식물의 대사과정과 아주 밀접하게 연관되어 있으므로 화학적, 또는 물리적 방법으로 바이러스 병원균만을 제거하기가 어려워 영양번식 작물의 무병개체획득 수단으로는 생장점배양 기술이 이용되고 있다.

감자에서 무병개체의 획득을 위한 생장점 배양방법은 많은 연구자들에 의하여 발전되어 왔으며 오늘날 조직배양 기술은 무병씨감자의 급속대량번식 수단으로 이용되고 있다(Hussey와 Stacey, 1984; Rosell 등, 1987). 그러나 무병개체를 기내에서 유지하고 이용하는 과정에서 바이러스병에 감염기회가 많고 계절적으로 제한을 받기 때문에 최근에는 기내에서 연중 소괴경(Mini-tuber)을 생산하여 이용하는 연구가 진행되고 있다(Kassanis, 1950; Rosell 등, 1987; Jung, 1989; 임 등, 1990; Choi 등, 1990; 박 등, 1995).

감자 기내배양 중 체내 GA가 많이 합성, 축적되면 초장의 발달을 촉진하지만 소괴경형성을 억제하므로 효율적인 소괴경형성을 위해서는 GA합성을 억제하는 방향으로 배양이 이루어져야 한다. 이를 위해 ancymidol, Paclobutrazol, chloromequat과 같은 GA합성억제제가 많이 이용되고 있으며(Harvey et al., 1991), 이 중에서도 특히 Paclobutrazol은 다른 생장억제제와 비교하였을 때 효과가 매우 강하고 지속적인 것으로 알려져 있다(Davis et al., 1986). Paclobutrazol은 GA의 생합성 경로에서 Kaurene으로부터 Kaurenic acid로 산화되는 것을 막아주므로써 GA합성의 억제에 의해 줄기생장을 지연시키는 triazole형태의 화합물이다(Hedden and Graebe, 1985). Paclobutrazol은 또한 잎, 줄기, 뿌리로 흡수된 다음 이들 기관의 xylem을

통해 이동하기에 효율적인 화학구조를 가지고 있다(McDaniel, 1983).

한편 양액재배는 미국 NASA에서 우주비행시 자체식량 확보 가능성을 알아보기 위하여 NFT 방식으로 감자 양액재배를 시도하여 그 가능성을 제시한 바 있다(Wheeler와 Tibbitts, 1986, 1987; Wheeler 등, 1986, 1990). 국내에서는 상위단계의 무병종서 대량증식을 목적으로 김 등(1993)이 감자 양액재배를 실시한 결과 괴경의 크기가 기존의 기내소괴경보다 크고 다수확이 가능하다고 하였고, 강과 김(1995)이 감자 양액재배 시스템 및 재배방법 등을 구명하였다.

양액재배 시스템에서는 담액경, NFT(薄膜循環式), 분무경 등으로 대별할 수 있는데 담액경은 양액속에 근계를 형성시키고 인위적으로 용존산소를 공급해 주어야 하나 비교적 안정된 근권환경을 유지할 수 있어 엽채류 등의 재배에 이용된다(정 등, 1994).

분무경하에서 자란 식물은 일반 수경재배와는 달리 근권의 산소가 풍부하고 수분이용 효율이 극대화되어 생육이 왕성해지고 특히 근모의 발달이 현저히 좋다(Zobel 등, 1976). 그러나 분무조건과 분무되는 양액의 입자 크기 등에 따라 식물의 생육에 영향을 주는 것으로 알려지고 있는데, 정 등(1993)은 토마토에서 10분 간격으로 30초간 분무했을 때 생육이 좋았다고 하였고, 손 등(1994)은 국화 발근 실험에서 10분 간격으로 60초간 분무했을 때 발근율이 좋았다고 하였다. 또한 대상 작물별로도 생육에 차이를 보이는데 토마토의 경우 바람직한 생장을 보이거나(정 등, 1993), 국화의 경우 바람직하지 않은 재배방법으로 보고되어 있다(강 등, 1995).

강과 김(1995)은 감자 양액재배에서 주요 생장부위는 복지이므로 분무경의 경우 품종에 관계없이 다른 양액재배 방식보다 복지의 생장이 월등히 좋았다고 하였다.

감자의 괴경형성과 비대는 생장조절물질의 변화와 관련이 있는데 Sattlemacher 와 Marschner(1978)은 감자 양액재배에서 질소공급의 중단이 생장 억제물질의 증가를 가져오며 이에 따라 괴경의 형성이 촉진됨을 보고한 바 있고, Wan 등

(1994)은 정식후 30일, 35일, 40일에 양액의 pH를 각각 3.5와 4.0으로 낮추었을 때 pH 3.5를 처리한 것에는 42일째부터 괴경이 형성되기 시작하였다고 하였다.

또한 양액재배시 인위적으로 생장을 조절하기 위하여 생장조절물질을 경엽에 살포하므로써 괴경형성유도가 가능하다고 하였다(Balamani 와 Poovaiah, 1985; Hammes 와 Nel, 1975).

한편 감자 종서 생산에 대한 생장점 혹은 엽경배양에서 생장억제제(Barbara 등, 1991)의 사용과 왜화제로써 Paclobutrazol(박 등, 1992)의 사용에 의한 기내 종서생산 향상을 꾀한 연구 결과 또한 찾아볼 수 있다.



### Ⅲ. 재료 및 방법

#### 1. 유묘생산

공시식물로 사용한 감자(*Solanum tuberosum* L.) 품종은 우리나라에서 가장 소비가 많은 대지(大地) 품종을 이용하였다.

기본배지로는 MS배지(Murashige & Skoog, 1962)로 하였으며, 30g/L sucrose를 첨가하였으며 액체배지를 이용하였다.

본 시험에 사용된 왜화제로는 Daminozide(이하 B-9이라 칭함)와 triazole 계통인 Paclobutrazol(이하 PBZ라 칭함), Uniconazol(이하 UCZ라 칭함)을 사용하였는데 B-9의 경우 5, 10, 25, 50, 100mg/L의 농도와 PBZ 및 UCZ의 경우는 0.001, 0.005, 0.01, 0.05, 0.1mg/L의 농도를 두어 왜화정도와 생육반응을 조사하였다. 또한 기내 배양으로부터 생산된 유묘를 직접 분무경에 적용하기 위한 시험을 충족시키기 위하여 기내에서 다수의 유묘를 생산할 목적으로 이상의 왜화제 종류별, 농도별 처리에 각각 BA를 1.0mg/L 농도로 혼용처리하고 배양 4주후의 결과를 관찰하였다.

지지물로는 알루미늄 호일을 이용하여 배양병안에 띄워서 각각 4개의 구멍을 뚫고 배지 수위까지 알루미늄 호일의 높이를 맞췄다.

각각의 배지는 pH 5.7로 조정하였고 시판되는 500mL용량의 오투기마요네즈 병당 70mL씩 분주한 후 121℃, 1.2기압에서 15분간 멸균하였다.

시험재료로는 주식회사 “대상 Hidea”에서 생장점 배양을 통하여 번식되고 있는 2대째의 계대배양 유묘를 사용하였는데 줄기길이를 2마디(약 2~3cm)씩 절단하여 배양병에 미리 준비된 쿠킹호일 지지물의 4개 구멍에 각각 4개체씩 치상하였는고 대조구를 두고 각각 30처리에 10반복을 두었다.

배양조건은 1,500~2,000lux로 조정된 배양실의 조도 하에서 1일 16시간 조명하였으며, 배양온도는  $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$  되도록 인위 조정하였다.

배양결과에 의한 생육조사는 배양 4주 후의 유묘상태, 줄기길이, 분지수, 근중, 엽형지수, 생체중, 괴경수 및 괴경크기 등을 조사하였다.

## 2. 분무경 적용 시험

위에서 생산된 줄기를 가지고 분무경 하우스에 정식하였고, 정식일자는 4월 17일이며, 90일 재배 후 수확하였다. 분무경 하우스는 제주도 북제주군 조천읍 선흘리에 위치한 “대상 hidea” 에서 재배하였다.

분무경은 재배상을 400(길이)×60(폭)×25cm(높이)의 규격으로 스티로폼을 제작하여 양측 내부에 20mm두께의 스티로폼을 붙이고 흑색 P.E 필름을 깔아 방수와 압조건을 유지하였다. 분무경 재배방식은 재배상 내부에 직경 20mm PVC 파이프를 30cm 간격으로 2줄 설치하고 각 파이프에 60cm 간격으로 10도 상향 360도로 분무되는 미스트 노즐(최대 분사량 1.2L/min)을 교호로 설치하였다. 분사는 1/4HP의 모터펌프를 이용하여 양액이 근권에 충분히 분무되도록 하였으며, 낮에는 5분 간격으로 30초간 분무되도록 타이머를 조절하였고 밤에는 1시간 간격으로 30초간 분무되도록 타이머를 조절하였다.

Table 1. Mineral composition of nutrient solution used for this experiment

Macro - element(me/L)		Micro - element(mg/L)	
NO <sub>3</sub> -N	8.0	Fe	2.0
NH <sub>4</sub> -N	0.67	Mn	0.5
P	2.0	B	0.5
K	4.0	Zn	0.05
Ca	4.0	Cu	0.05
Mg	2.0		

양액은 표 1의 조성비에 의거한 농도로 1.2mS/cm 수준이 되도록 조절하였는데. EC와 pH는 토양검정측정기를 이용하여 측정하였고, pH는 6.0정도를 유지하였다. 배양액의 온도는 18℃가 넘지 않도록 하였다.

생육조사는 90일간의 재배 기간을 거친 후 실시하였고, 5주당 괴경수, 주당 괴경수, 괴경 크기를 조사하였다.



## IV. 결과 및 고찰

### 1. 유묘 생산

감자의 바이러스 무병종서를 생산하기 위한 조직배양 중 발생하는 묘의 투명화 현상을 방지하기 위하여 3종의 식물 왜화제 처리효과를 비교한 결과는 표 2와 같다.

식물생장억제제로 이용되는 B-9, PBZ, UCZ를 대지 품종의 감자 조직배양을 위한 배지에 처리하였을 때 줄기생장에 커다란 영향을 미쳤다. 3종의 왜화제 모두 줄기생장이 억제되었으며 농도가 높을수록 억제효과가 큰 경향을 보여주었다. 그러나 UCZ는 PBZ와는 달리 농도가 낮은 0.001mg/L 처리구에서는 줄기생장이 거의 억제되지 않았다. 또한 3종의 왜화제 처리에서 줄기길이/두께 혹은 농도가 높을수록 작아졌다. 따라서 왜화제의 종류에 따라서도 줄기생장억제 효과가 각각 다르게 나타나므로 왜화제의 선택을 달리 할 필요가 있으며 처리농도에 대한 생육반응이 다르므로 시험 대상 식물의 종류에 따른 시험이 세밀하게 검증되어야 하겠다.

Table 2. Effects of dwarfing agent on plantlet production through shoot tip culture of *Solannum tuberosum* L. 'Daeji' after 4 weeks in culture.

Treatments(mg/L)	No.of shoots/plant	Shoot		length/diameter
		length(cm)	diameter(cm)	
Control	13	19.80	1.10	18.00
B-9 <sup>2)</sup>				
5	14	10.40	1.70	6.11
10	21	8.90	1.40	6.36
25	18	8.40	1.90	4.42
50	10	7.76	1.83	4.24
100	6	5.80	1.80	3.22
PBZ				
0.001	34	13.60	1.10	12.36
0.005	26	14.00	1.30	10.77
0.01	7	10.50	1.40	7.50
0.05	18	7.80	1.30	6.00
0.1	3	3.20	1.30	2.46
UCZ				
0.001	16	20.20	1.40	14.43
0.005	7	11.50	1.60	7.19
0.01	5	9.50	1.60	1.94
0.05	3	3.30	1.70	
0.1				

<sup>2)</sup>B-9 : Daminozide

PBZ : Paclobutrazol

UCZ : Uniconazol

박 등(1992)은 기내 소과경 다량 생산을 위하여 PBZ를 처리한 바 처리의 농도가 높을수록 줄기생장이 억제되어 일정 길이의 초장을 가진 식물체를 대상으로 볼 때 마디수가 많아진다는 사실을 보고하였는데 이는 본 시험의 결과와 일치함을 알 수 있었다.

PBZ와 UCZ처리에서는 농도가 높을수록 과경형성이 이루어졌고, 농도가 높을수록 과경의 크기도 커졌다(Table 3.).

Table 3. Effects of dwarfing agent on growth response of *Solanum tuberosum* L. 'Daeji' after 4 weeks in culture.

Treatments(mg/L)	Leaf index	Fresh wt.(g)/plant	Root wt.(g)/plant	No. of Mini -tuber/vessel	Mini-tuber Size
Control	2.00	7.80	3.50		
B-9 <sup>z)</sup>					
5	1.60	13.20	10.00		
10	1.33	12.50	8.40		
25	1.50	12.50	8.70		
50	1.62	8.90	4.50		
100	1.33	6.80	3.90		
PBZ					
0.001	0.66	7.50	3.30		
0.005	1.33	11.30	6.90		
0.01	1.17	11.40	7.50		
0.05	1.20	5.30	2.80	3	2.3×0.6
0.1	1.18	5.10	1.90	16	2.8×0.9
UCZ					
0.001	1.43	12.10	6.20		
0.005	1.75	8.80	4.00	11	1.9×0.7
0.01	1.00	10.60	4.40	20	2.8×0.9
0.05	1.40	4.00	1.20	11	2.5×0.9
0.1				17	2.8×0.7

<sup>z)</sup> See Table 2.

3종의 왜화제 처리에 있어서 농도가 높을수록 근중은 감소하는 경향을 보였다. PBZ나 UCZ의 경우 농도가 높을수록 괴경형성이 되었는데 이는 왜화제의 스트레스에 의해 괴경형성이 더 촉진된 것으로 볼 수 있다.

이러한 현상은 박 등(1992)의 시험과 다른 결과를 나타내는데 Table 3에서 보는바와 같이 공시한 3종의 왜화제처리의 경우 처리한 농도가 높을수록 식물체 전체의 생장 억제되는 반면 PBZ와 UCZ의 경우 소괴경이 형성되어 복지발생에 대한 PBZ와 UCZ의 특수한 기능이 있다.

즉 B-9은 농도가 높아짐에따라 소괴경의 형성과는 무관하게 초장을 죽이는 비육적 반응을 보이는 반면, PBZ나 UCZ의 경우에는 복지발생율이 증가하여 소괴경의 형성수가 증가되는 현상을 보이고 있는데 이는 triazole계 왜화제가 일반적으로 뿌리의 발육을 왕성하게 하여 배양 중 영양소의 흡수를 촉진시키

며 한편으로는 지상부의 측지발생이나 도장을 억제시키므로써 가사휴면 상태로의 조건이 자연 조성되어 소과경의 형성율을 높인 것이 아닌가 사료된다.

한편 다수의 유묘생산을 위한 BA 1.0mg/L 혼용처리에서는 분지수의 증가면에서는 효과가 있었으나 분무경 배지에 식재할 정도의 생육은 좋지 않았다.

Table 4. Effects of dwarfing agent and BA 1.0mg/L in combination on plantlet production through shoot tip culture of *Solanum tuberosum* L. 'Daeji' after 4 weeks in culture.

Treatments(mg/L)	No. of shoots/plant	Shoot		length/diameter
		length(cm)	diameter(cm)	
Control	16	14.10	0.70	20.14
B-9 <sup>2)</sup>				
5	17	13.20	0.80	16.50
10	25	13.50	1.20	11.25
25	20	7.70	1.23	6.26
50	19	6.80	1.60	4.25
100	15	3.00	1.30	2.30
PBZ				
0.001	19	17.70	1.70	10.41
0.005	11	17.00	1.70	10.00
0.01	15	22.30	1.40	15.92
0.05				
0.1				
UCZ				
0.001	12	12.00	1.40	8.57
0.005				
0.01				
0.05				
0.1				

<sup>2)</sup> See Table 2.

BA 혼용처리에 있어서 PBZ 0.05, 0.1mg/L에서는 줄기생장이 이루어지지 않았고, UCZ 0.005, 0.01, 0.05, 0.1mg/L에서도 줄기생장이 이루어지지 않았다.

지지물로 사용된 알루미늄 호일안으로 줄기가 자라고 뿌리와 줄기가 구분이 어려울 정도로 감겨 있었다. 이런 현상이 나타난 처리구에서는 모두 괴경이 형성되었고 농도가 높을수록 더 심하게 나타났다(Table 4,5).

Table 5. Effects of dwarfing agent and BA 1.0mg/Lin combination on growth response of *Solannum tuberosum* L. 'Daeji' after 4 weeks in culture.

Treatment(mg/L)	Leaf index	Fresh wt.(g)/plant	Root wt.(g)/plant	No. Mini-tuber/vessel	Mini-tuber Size
Control	1.50	3.60	0.90		
B-9 <sup>2)</sup>					
5	2.00	8.00	1.30		
10	1.50	13.10	5.30		
25	1.33	10.00	2.60	15	4.3×0.5
50	1.25	7.90	4.50		
100	1.33	7.10	1.70	6	2.8×0.4
PBZ					
0.001	3.00	11.90	4.90		
0.005	1.66	12.00	1.60	10	2.8×0.7
0.01	1.66	13.60	5.20	2	2.7×0.62
0.05				9	3.0×0.6
0.1				16	2.8×0.72
UCZ					
0.001	1.66	5.10	3.10	9	3.0×0.7
0.005				8	4.0×0.6
0.01				18	2.0×0.8
0.05				14	4.5×0.6
0.1				19	4.0×0.8

<sup>2)</sup> See Table 2.

BA혼용처리에서는 PBZ와 UCZ 모두 농도가 증가할수록 괴경형성율이 높았고 크기면에서도 농도가 증가할수록 큰 경향을 보여주었다.

B-9 처리에서 괴경형성된 측면으로 볼 때, 괴경이 형성된 것은 괴경형성이 되지 않은 처리구보다 근중이 감소하는 경향을 보이고 있다. 이는 근부로 전이되는 양분이 괴경형성을 위한 복지발생 등의 문제로 뿌리 발생량을 상대

적으로 감소시킨 것이 아닌가 사료된다.

또한 본 시험에서 BA를 처리한 것은 기내 경삽 과정에서 측지가 다수 발생할 것을 예상하고 시험하였는데 처리 목적에 전혀 부합됨이 없고 앞의 시험 즉 BA무처리구가 오히려 측지발생수나 묘의 투명화방지 및 건전묘 생산에 적합함을 알 수 있었다.



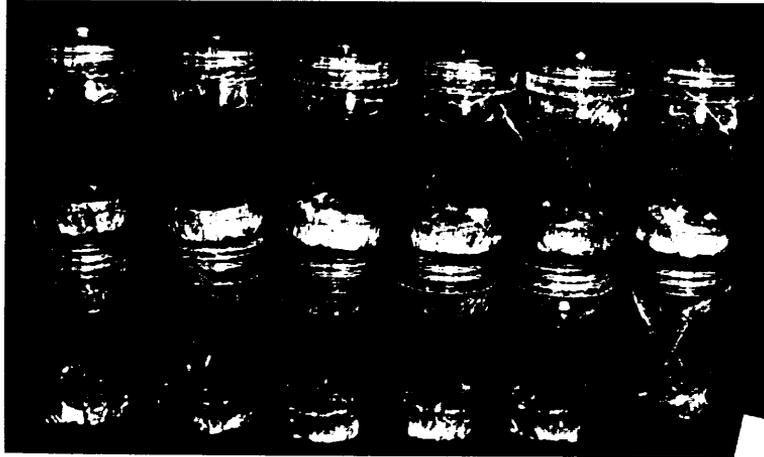


Fig. 1. Effect of Uniconazol on plantlet production through shoot tip culture of *Solanum tuberosum* L. 'Daeji' after 4 weeks in culture.

Upper : Uniconazol 0.1, 0.05, 0.01, 0.005, 0.001mg/L, Control  
Lower : Uniconazol and BA 1.0mg/L in combination



Fig. 2. Effect of Paclobutrazol on plantlet production through shoot tip culture of *Solanum tuberosum* L. 'Daeji' after 4 weeks in culture.

Upper : Paclobutrazol 0.1, 0.05, 0.01, 0.005, 0.001mg/L,  
Control  
Lower : Paclobutrazol and BA 1.0mg/L in combination

Fig. 3은 건전묘와 투명화묘를 확실히 구분할 수 있는 단면이라 할 수 있는데 투명화묘는 엽병과 줄기의 길이가 길고 잎색깔도 황화되어 있으며, 잎모양도 길게 발달하여 묘가 도장되어 있음을 나타내고 있는 반면 건전묘는 외관상 모든 생장이 단단하게 발달되어 있음을 볼 수 있다.



Fig. 3. Effect of B-9 on plantlet production through shoot tip culture of *Solanum tuberosum* L. 'Daeji' after 4 weeks in culture.

From left Control, 10, 25, 50, 100mg/L

조직배양시 발생하는 투명화된 묘의 특징은 세포내의 수분함량의 증가와 그에 따른 셀룰로오스 단백질 함량, 리그닌 및 홀라보노이드 합성의 저하, 그리고 엽록소 함량의 감소 등에 관한 여러 가지 식물에 대한 보고가 있다 (Barbara, et.al.1991; 박 등 1992).

왜화제로써 B-9을 처리하였을 때 대조구에 비해 농도의 증가에 따라 묘의 강건도가 높은 경향을 보여준다.

한편 지금까지는 생장점 배양으로부터 얻어진 소괴경을 대상으로 저온 처리를 통하여 맹아를 유도하고 펠라이트에 삼목 발근시켜 분무경이나 담액경 방식에 의하여 기본종의 종서를 생산하는 것이 일반 관례로 일관 되어 왔다(강, 김, 1995).

그러나 만약 이러한 단계를 생략할 수 있다면 작업의 단순화와 경영상 생산비 절감을 도모할 수 있으므로 시도해 볼만한 가치가 있으리라 확신한다.

따라서 조직배양 방법에 의한 미세번식 즉 2~3마디 정도 길이로 경삽하되 액체배지에서는 발근이 용이하다는 사실(김 등, 1993)을 이용하여 용기내 많은 수의 묘를 발근묘로 생산할 수 있으므로 굳이 소피경 단계를 거칠 필요가 없다. 이때 묘의 투명화와 도장 현상이 발생하므로 경화 혹은 재배상에 직접 이식할 때 고사율이 높게 발생한다(장 등, 1993).

이러한 문제의 해결을 위해서는 기내생산 발근묘 자체를 강건하게 만들어야 할 필요가 있으므로 왜화제의 처리효과를 검정하기 위하여 공시한 PBZ, UCZ, B-9을 농도별로 처리한바 B-9 25mg/L 처리구에서 묘의 상태가 가장 좋게 성장하였다. 뿌리는 길지 않으나 짧고 수가 많고 지상부 또한 마디가 짧은 반면 잎의 발달 상태가 가장 양호하게 성장하였다.

따라서 감자 조직배양 유묘의 경우 용기에서 발생한 개체를 직접 수경상에 옮겨 지속적인 성장을 시키므로써 종서 생산의 속도를 가속화할 수 있는 방안을 찾는 것에 주안점을 두고 있는 본 연구의 목적으로는 B-9 25mg/L가 첨가된 배지를 최종 배양으로한 방법이 제안된다 하겠다.

Barbara 등(1991)과 박 등(1992)은 감자 조직배양에서 소피경 형성의 조절과 생산을 위한 측면에서 PBZ나 B-9 등의 효과를 검정하였고 역시 본 연구의 결과와 같이 PBZ는 소피경 형성률을 높인다는 사실과 일치함을 알 수 있지만 얻어진 소피경을 이용한 포장시험결과 즉 종서의 생산성과 약제의 잔류성에 대하여는 어떠한 언급도 찾아볼 수 없다.

그러나 이렇게 하여 얻어진 소피경들은 보관 중 부패율이 높고 맹아율이 낮은 경향이 관찰 되었으므로 실제적인 적용성여부에 관하여는 앞으로 세밀한 계획에 의한 연차적인 시험이 수행되어야 할 것으로 사료된다.

## 2. 분무경 배지 적응시험

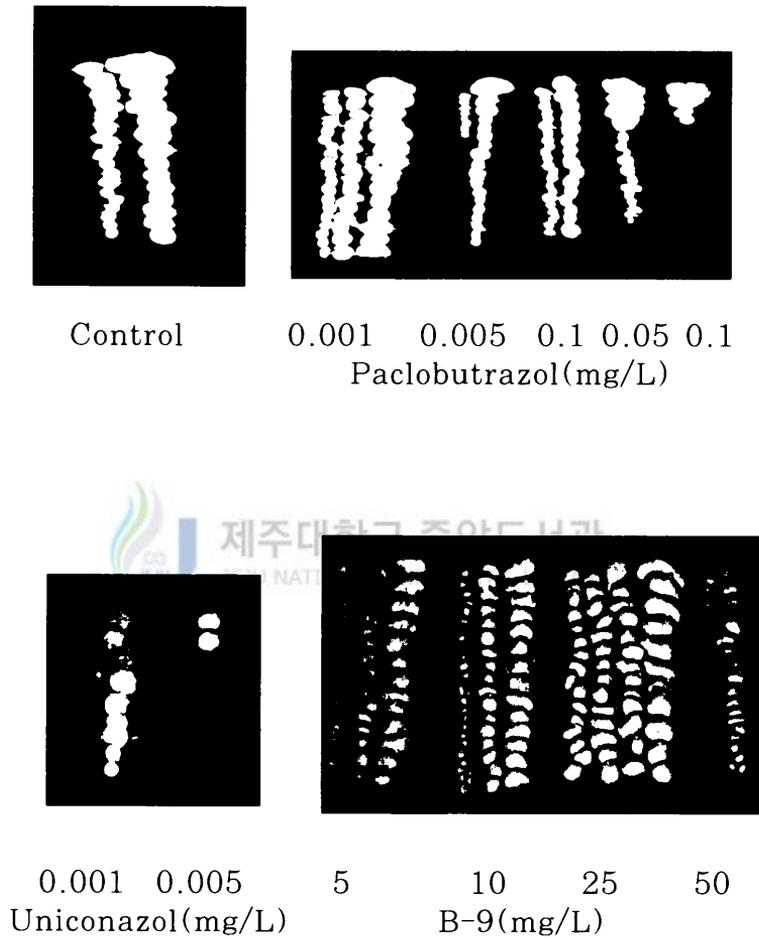


Fig. 4. Results of seed potato cultivation propagated by stem-node culture *in vitro* treating 3 kinds of growth retardants

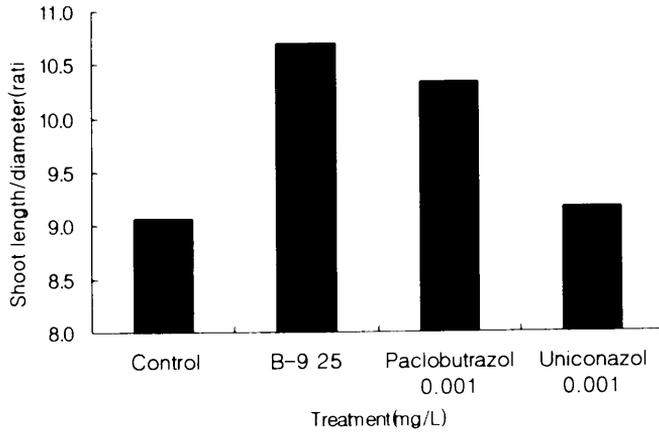


Fig 5. Graph showing shoot length: shoot index ratio of *Solanum tuberosum* L. 'Daeji' grown in aeroponics at 90 days after shoot setting treated dwarfing agent.

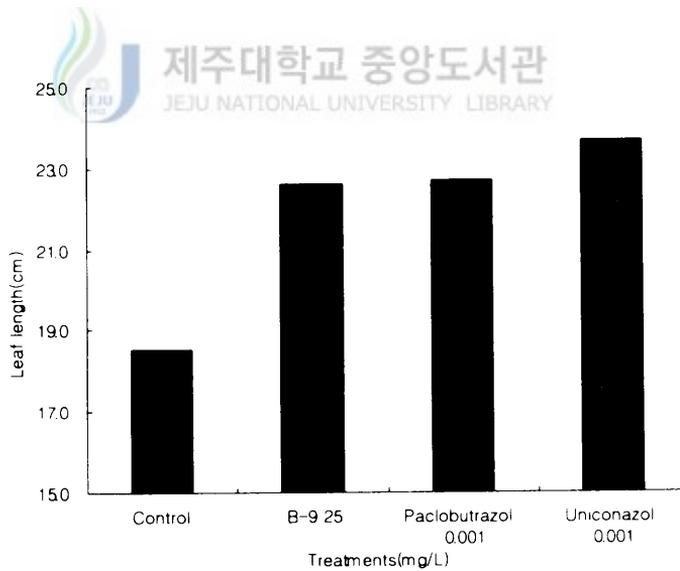


Fig. 6. Graph showing leaf length of *Solanum tuberosum* L. 'Daeji' grown in aeroponics at 90 days after shoot setting treated dwarfing agent.

Fig 5.6은 기내에서 왜화제 처리된 유묘를 가지고 분무경 배지에 식재했을 때 지상부의 생육을 그래프로 나타낸 것이다.

B-9 25mg/L는 기내에서 다른 왜화제보다 줄기생육이 억제됨을 보여주었지만, 여기서 생산된 유묘를 가지고 분무경 배지에 식재했을 경우 생육억제에 대한 효과는 없는 것으로 사료된다.

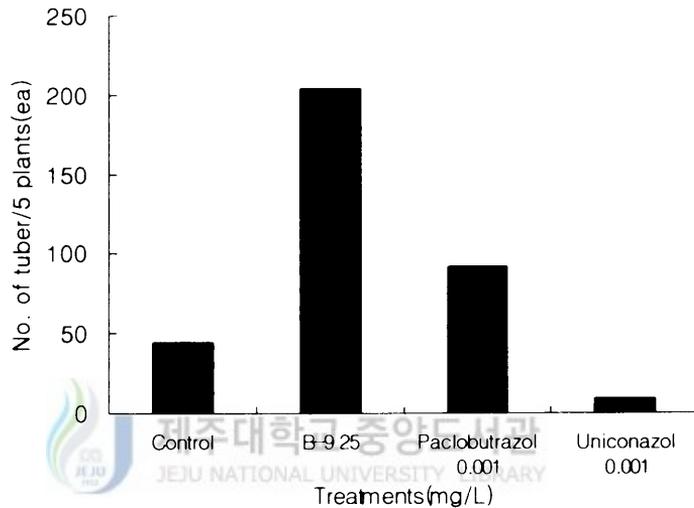


Fig. 7. Graph showing No. Micro-tuber per 5 plants of *Solanum tuberosum* L. 'Daeji' grown in aeroponics at 90 days after shoot setting treated dwarfing

지상부의 생육은 대조구에 비해 왜화제 처리구에서 가장 양호하였으나 괴경 형성면에 있어서 B-9 처리에서 가장 양호하였다. 또 PBZ처리에서도 대조구에 비하여 생육이 양호하였다.

B-9 처리한 유묘가 괴경형성면에서 우세한 현상을 보인 것은 유묘상태일 때 가장 강건한 생육을 보여주었기 때문이라고 사료된다. 또한 PBZ를 처리한 유묘에서도 생육이 좋았기 때문이라고 사료된다.

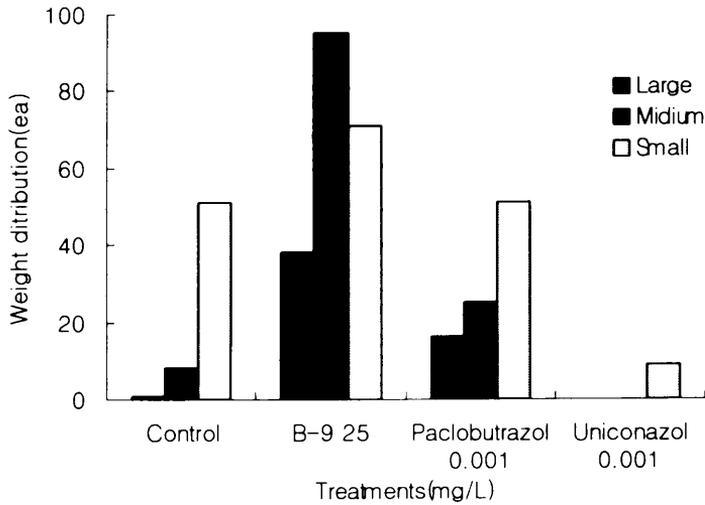


Fig. 8. Graph showing tuber weight distribution per 5 plants of *Solanum tuberosum* L. 'Daeji' grown in aeroponics at 90 days after shoot setting treated dwarfing agent.



Fig. 8은 왜화제가 처리된 유묘를 이용하여 분무경 배지에 식재한 후 90일 재배후 5주당 괴경수량을 크기별로 선별해 놓은 것이다. 대조구의 수량을 보면 60개, B-9처리한 유묘는 204개, PBZ처리한 유묘는 92개, UCZ를 처리한 유묘는 9개였다. 총 수량만 보아도 B-9 처리한 유묘가 대조구보다 약 3.4배의 수량성을 보이고 있고, PBZ를 처리한 유묘에서도 대조구에 비하여 약 1.5배정도 높은 수확량을 보이고 있다.

UCZ 처리된 유묘에서의 생산성은 다른 처리구에 비해서 현저하게 차이를 보이고 있다. 이것은 유묘상태에서 줄기가 위로 자라지 못하고 지지물 밑으로 거꾸로 자라는 경향을 볼 수 있었다. 이 유묘를 가지고 하우스에 파종한 결과 줄기가 약하여 복지가 많이 뺏지 못하고 복지를 뺏는다해도 다른 처리구보다 괴경형성이 늦고 괴경이 비대하지 못한 것으로 사료된다.

크기면에서도 대조구는 작은 개체 생산 비율이 큰 반면 B-9 처리한 유묘에서는 중간급 종서 비율이 훨씬 크게 나타났다.

감자의 생육은 감자뿌리 지상부에 출현직후까지는 주로 씨감자 내 양분에 의하여 이루어지므로 씨감자가 크면 초기생육이 왕성하고 줄기도 굵어지며 수량도 높은 것으로 알려졌다(박, 박, 1985).

강과 김(1995)은 감자는 지하부 근권 부위의 생육환경이 괴경의 형성과 비대에 큰 영향을 미친다고 하였다. 따라서 근권 부위의 용존 산소를 풍부하게 하여 근권의 발달을 촉진함으로써 양·수분의 흡수를 더욱 촉진해야 괴경생산 효율이 증대될 것으로 사료된다.

본 연구에서 B-9 처리한 유묘에서 생산성이 좋았던 것은 지상부의 생육뿐 아니라 지하부의 근권의 생육이 좋았기 때문이라고 사료된다.

따라서 B-9 처리한 유묘를 가지고 하우스에 파종한 결과 괴경의 크기가 다른 처리구에 비하여 훨씬 우수함을 알 수 있었다. 이러한 괴경을 이용하여 실제 노지에 파종한다면 우량종서를 생산해 낼 수 있을 뿐만 아니라 수량면에서도 우세하므로 경제적인 이점을 볼 수 있을 것으로 사료된다.

B-9은 발암물질로 알려져 있지만, 본 시험은 기본종 생산으로부터 최소한 4~5대를 계속하여 재배되어야 하는 과정을 거쳐야하므로 B-9의 발암물질 성분에 대한 정밀분석은 앞으로 수행되어야 하겠다.

## V. 적 요

본 연구는 감자 조직배양 중 줄기생육과 괴경형성에 대한 식물 왜화제의 효과를 검증하였고, 왜화제 처리된 묘로부터의 유묘 단계와 포장재배 단계를 검증하였다.

### A. 유묘 생산

1. 3종의 식물 왜화제처리는 줄기 길이를 단축시키므로써 투명화 방지에 효과적이었다.
  2. 특히 B-9 25mg/L 처리에서는 분무경 배지에 식재가 효과적이도록 줄기길이를 왜화시켰고 Paclobutrazol과 Uniconazol 또한 줄기를 왜화시켰지만 분무경배지에 식재할 정도로 효과적이지는 못했다.
- 다. 각 왜화제에 BA 1.0mg/L 혼용처리에서는 측지수와 괴경수가 증가하였지만 BA를 처리하지 않은 시험구보다 투명화 방지에 대한 효과는 없었다.

## B. 왜화제 처리로 생산된 유묘를 이용한 분무경 배지에서의 생육반응

1. 기내 배양을 통해 생산된 유묘를 이용하여 분무경 배지에서 최적의 괴경형성을 보인 왜화제의 농도는 B-9 25mg/L, Paclobutrazol 0.001mg/L, Uniconazol 0.001mg/L에서 가장 효과적이었다.
- 나. 90일 재배 후 괴경의 5주당 수량은 Paclobutrazol 0.001mg/L 92개, Uniconazol 0.001mg/L 9개에 비하여 B-9 25mg/L 처리된 유묘에서 204개로 가장 많았다.
- 다. 기내 배양으로 생산된 유묘의 최적의 생육 왜화정도와 괴경의 수량에 영향을 주는 조건은 MS배지에 B-9 25mg/L을 첨가한 배지가 가장 효과적이었다.



## VI. 인 용 문 헌

Balamani, V. and B.W. Poovainah. 1985. Retardation on shoot growth and of tuber growth of potato plants by paclobutrazol. Amer. Potato J. 62:363-369.

Barbara M.R. Harvey, Samuel H. Crothers, Nicola E. Evans, Christopher Selby. 1991. The use of growth retardants to improve microtuber formation by potato(*Solanum tuberosum*). Plant Cell, Tissue and Organ Culture 27:59-64

崔廷一, 1969. 감자 生産 및 研究에 있어서 當面課題. 韓作誌 6:33-38



장동진, 소인섭, 강훈, 한해룡. 1993. Gerbera 조직배양묘의 투명화 방지를 위한 Uniconazole의 효과. 아열대 농업연구 10:41-57.

Chester, K.S. 1955. Scientific and economic aspects of plant-disease-loss appraisal. Ann. Appl. Biol. 42:335-343

Choi Y.W., J.L. Cho., S.K. Um., J.C. Park, Z.H. Kim and J.S. Kang. 1990. Rapid multiplication of seed potatoes (*Solanum tuberosum* L.) by microtuberization *in vitro*. J. Kor. Soc. Hort. Sci.(Abstr.) 8(1):78-79

Hammes, P.S. and P.C. Nel. 1975. Control mechanisms in the tuberization Process. Potato Res. 18:262-272

Hussey, G and N.J. Stacey. 1984. Factors affecting the formation of in vitro tubers of potato (*Solanum tuberosum* L.). Annals of Botany 53:565-578

Joung, H. 1989. Mass production of potato microtuber by tissue culture technique and its application. '89 Agricultural biotechnology symposium. pp. 100-124

鄭淳柱, 池性韓, 篠原溫, 池田, 英男, 鈴木, 芳夫. 1993. 養液의 噴霧間隔이 토마토의 生育과 果實生育에 미치는 影響. 韓園誌. 34:91-98.

鄭淳柱, 姜宗求, 李正鎬, 徐範錫. 1994. 養液栽培 理論과 實用技術. 湖南 溫室作物 研究所. pp. 34-35

강종구, 천상욱, 정순주. 1995. 栽培方式의 差異, 根圈溫度 및 養液의 이온濃도가 菊花 뿌리의 解剖形態的 變化에 미치는 影響. 韓園誌. 36(4):548-554

강종구, 김승열. 1995. 養液栽培에 의한 감자 小塊莖形成 및 肥大促進에 관한 研究. 農業科學論文集(園藝篇). 37:187-199

Kassanis, B. 1950. Heat inactivation of leafroll virus in potato-tubers. Ann. App. Biol. 37:339-341.

김기택. 1997. 양액재배에 의한 씨감자용 소괴경 생산성 향상에 관한 연구. pp.18-54

- 김현준, 김관수, 김원배, 최관순. 1993. 감자 수경재배에 의한 소서생산 및 실용화에 관한 연구. 농업논문집(원예편). 35(1):524-529.
- 임명준, 박현희, 김정간, 김승열, 조현묵, 한병희. 1990. 감자 괴경의 기내 대량생산 및 실용화에 관한 연구 1. 괴경의 기내 대량생산에 관여하는 몇 가지 요인. 농시논문집(園藝篇)2(3):46-53.
- 朴秉昊, 朴權瑠 . 1985. 園藝繁殖學. 先進文化社. pp.258-263
- 박세원, 전재홍, 김현순, 정혁. 1995. 감자 기내소괴경의 저온 저장시 발아 특성과 당함량의 변화. 韓園誌. 36(1):46-49.
- 박세원, 전재홍, 김현순, 정혁. 1992. 감자 조직배양에 있어서 Paclobutrazol 농도가 줄기의 생장과 소괴경의 형성에 미치는 영향. 식물조직배양학회지 19(5):311-315.
- Rosell, G., F. G. De Bertoldi and R. Tizio. 1987. *In vitro* mass tuberization as a contribution to potato micropropagation. Potato Res. 30:111-116.
- Sattlemacher, B. and H. Marscher. 1978. Relation between nitrogen nutrition, cytokinin activity and tuberization in *Solanum tuberosum*. Physiol. Plant. 44:65-68.
- Wan,W.Y., W. Cao and T.W. Tibbitts. 1994. Tuber initiation in hydroponically grown potatoes by alternation of solution pH. Hort. Sci. 29:621-623.

- Wheeler, R.M., C.L. Mackowiak. J.C. Sager, W.M. Knott and C.R. Hinkle. 1990. Potato growth and yield using nutrient film technique(N.F.T). Amer. Potato J. 67:177-187.
- Wheeler, R.M., K.L. Steffen, T.W. Tibbitts and J.P. Palta. 1986. Utilization of potatoes for life support systems II. The effect of temperature under 24-h and 12-h photoperiods. Amer. Potato J. 63:639-647.
- Wheeler, R.M., and T.W. Tibbitts. 1987. Utilization of potatoes for life support systems in space. III. Productivity at successive harvest dates under 12-h and 24-h photoperiod. Amer. Potato J. 64:311-320.
- Zobel, R.W., D.t. Peter and G.t. John. 1976. Method for growing plants aeroponically. Plant Physiol. 57:344-346.

## 감사의 마음을 전합니다.

논문을 내기까지 따뜻한 보살핌과 아낌없는 질책으로 이끌어 주신 소인섭 교수님께 감사의 마음을 전합니다. 논문 완성에 도움을 주신 장전익 교수님, 강훈 교수님께 감사의 마음을 전하고, 한해룡 교수님, 문두길 교수님, 박용봉 교수님께 깊은 감사를 드립니다.

힘들 때 도움을 주신 오승진 조교님, 강석범 조교님, 고성욱 선배님, 최지용 선배님, 94학번 동기인 고현정, 대학원 동기이자 후배인 강윤숙, 배양실 후배들에게 감사의 마음을 전합니다.

대학원 다니는데 큰 도움을 준 대상 하이디어(주) 가족들에게 깊은 감사의 마음을 전합니다. 전 사장님이셨던 박기주 사장님, 현 사장님이신 김의철 사장님, 박동욱 부장님, 이경태 과장님, 하우스 재배에 도움을 주신 이성돈 대리님, 임덕재 대리님, 차주호 선배님, 강태호씨, 김숙희씨, 조수환 선배님, 김군보씨, 서울 사무실에 계신 나윤배 과장님, 그외 하이디어 가족 여러분께 깊은 감사를 드립니다. 그리고 전의 하이디어 가족이셨던 황의충 회장을 비롯한 유덕열 이사님, 소창호 박사님, 조완석 과장님께도 깊은 감사의 마음을 전합니다.

항상 뒷바라지에 여념이 없으신 유일한 나의 어머니, 하나뿐인 오빠 이광국, 동생 이선미, 형부, 언니들께도 깊은 감사의 마음을 전합니다. 힘들 때 항상 도움이 되어준 나의 친구들 경미, 선녀, 은숙, 진섭, 인선, 그리고 후배인 영림이에게 감사의 마음을 전합니다. 그리고 94학번 동기들에게도 깊은 감사를 드립니다.