

碩士學位論文

심지재배시 배지조성과 심지수에 따른
감자의 생육 및 수량형질 변화



濟州大學校 大學院

農學科

朴 正 湜

2002年 6月

심지재배시 배지조성과 심지수에 따른 감자의 생육 및 수량형질 변화

指導教授 宋 昌 吉

朴 正 湜

이 論文을 農學 碩士學位論文으로 提出함



2002年 6月
제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

朴正湜의 農學 碩士學位 論文을 認准함

審査委員長 _____ 印

委 員 _____ 印

委 員 _____ 印

濟州大學校 大學院

2002年 6月

Effect of Medium Composition and Wick Number under Wick Culture System on Growth and Yield of Potato

Jung-Sik Park

(Supervised by professor Chang-Khil Song)



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

DEPARTMENT OF AGRICULTURE
GRADUATE SCHOOL
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

2002. 6.

目 次

Summary.....	1
I. 서 언.....	2
II. 연구사.....	4
III. 재료 및 방법.....	7
IV. 결과 및 고찰.....	13
1. 적정배지 선발	
(1). 생육형질	
(2). 수량형질	
(3). 형질간의 상관	
2. 적정 심지수 구명	
(1). 생육형질	
(2). 수량형질	
(3). 형질간의 상관	
(4). 회귀	
V. 적 요.....	33
참고문헌.....	34



Summary

This study was conducted to develop the technique of mass production for superior seed tuber using wick culture system as the general plan to solve problem hydroponics of potato.

Accordingly, to conduct proper medium and number of wicks, potato plug seeding was planted in styrofoam box treated by the medium and wick.

The results obtained are summarized as follows;

1. Top growth characteristics were highest at the Jeju scoria+peatmoss (1 : 2) mixed medium.

2. The total tuber yield per m² was most heavy at both media of Jeju scoria+peatmoss (1 : 2) and perlite+peatmoss(1 : 2). The average tuber weight was the heaviest at the perlite+peatmoss(1 : 2) mixed medium.

3. The mixed media were greater than the single media at seed tuber production. Especially, when mixed at the rate of 1 versus 2 about both media of Jeju scoria+peatmoss and perlite+peatmoss, growth and tuber yield were excellent.

4. Top growth characteristics were great as the number of wick increased.

5. The total tuber yield per m² and the average tuber weight were the heaviest at six wicks.

6. Both media on Jeju scoria+peatmoss(1 : 2) and perlite+peatmoss(1 : 2) were the most yielding when used six wicks per box(51cm×31.5cm×20 cm).

I. 서 언

우리나라 감자 재배면적은 1990년대 이후 매년 증가하고 있고, 제주지역은 2000년도에 6,109ha로 전국 재배면적의 30%를 차지하고 있으며, 특히 가을감자는 전국 생산량의 60% 이상을 차지하여 신선감자 주년공급기지의 기능을 수행하고 있다.

감자재배의 문제점은 타작물과 달리 병리적, 생리적인 퇴화율이 높아 매 작기마다 종서를 갱신해 주어야 하는데, 건전종서 확보의 어려움으로 인해 1차 구입종서를 이용하여 2~4작까지 재배하고 있으며, 현재 전국적으로 정부 보급종 보급률이 25% 수준으로 농가의 수요량에 미치지 못하고 있다(Kim, 2000).

우리나라 종서 공급방법으로 주로 이용되고 있는 분무경 양액재배산 소피경은 피목비대가 심하여 저장시 부패 등 감모율이 높고, 역병 등에 노출될 경우 심각한 문제가 발생한다. 또한 perlite 등을 이용한 배지경 양액재배는 적절한 배지의 습도를 유지하기 위하여 고가의 급액시설이 필요하며, 폐양액의 발생시 처리에 있어 환경문제가 발생하여 대안이 필요한 실정이다.

심지관수는 중력에 반하는 모세관현상을 이용한 수분흡수이므로 배양토에 따른 수분량과 식물생육이 다를 것으로 보인다(Dole과 Cole, 1994). 심지에 의한 관수는 물과 비료의 소비량이 가장 적을 뿐만 아니라 생육에도 좋으나(Argo와 Biernbaum, 1994), 심지의 규격 및 배양토의 조성이 재배대 내의 함유수량에 큰 영향을 미칠 것으로 생각된다. 특히 심지재배시 배양토는 식물의 생육, 개화와 결실에 영향을 줄뿐만 아니라 수분의 흡수 시간과 위조 시간에도 영향을 준다(Fonteno 등, 1981; John과 Wright, 1998).

현재 국내에서 많이 사용되는 배양토는 peatmoss, perlite, vermiculite를 주재료로 한 인공토양이 주류를 이루고 있으나(손 등, 2000), 이 중 peatmoss는 단위면적당 증발량은 높으나 초기 수분흡수가 좋지 않고(Bearssell 등, 1979), perlite는 배지내 공극량을 높이고 안정적이나(Read, 1996), 원료가 전량 외국에서 수입되어 가공, 보급되고 있어 보다 저렴하고 안전성이 높은 국내산 자재를 이용한 배지개발이 필요한 실정이다.

제주지역에서 20억 톤 이상 대량 매장되어 있는 화산석인 제주송이는 다공질로 구성되어 화산성 퇴적암류 및 이들의 부서진 화산사, 화산재, 및 화산탄이 혼합되어 이뤄진 고형물로서(제주도농업기술원, 1989) 보수성과 배수성, 통기성이 우수하여 화학적으로 안정되고(Chang과 Kim, 1992), 가격면에서 유리하여 심지재배시 배지재료로 적합할 것으로 보인다.

따라서 본 연구에서는 감자 분무경 양액재배시의 문제점을 해결할 수 있는 방안의 하나로 심지재배방법을 이용하여 감자 건전중서의 대량생산 기술을 개발하고자 제주송이 등을 배합한 적정배지 및 심지수를 구명하였다.



II. 연구사

감자 양액재배의 본격적인 연구는 우주에서 식량공급원으로서의 가능성 타진 목적으로 NFT에 관한 연구(Wheeler와 Tibbits, 1986, 1987; Wheeler 등, 1986, 1990)가 시작되었으나, 최근에는 무병종서 생산의 수단으로 이용 또는 연구되고 있으며(Kim 등, 1993; Kang과 Kim, 1995; Kang 등, 1996; Kim 등, 1997a, 1997b), 10a당 약 60만개의 소피경 생산이 가능하다(장 등, 1997).

양액재배산 소피경의 포장시험결과 소피경의 크기가 클수록 초장, 경경, 엽장, 엽폭 등 성장량에서 증가되고, 주당피경수와 피경중도 증가되나 3~5g 이상의 소피경에서는 큰 차이가 없었으며, 3g 이상의 크기면 포장재배가 가능하였으며(Kim 등, 1998), 종서크기 5g의 수량은 일반절단서 30g과 비슷한 수준이며, 재식거리가 넓어짐에 따라 주당피경중은 증가하는 반면에, 단위면적당 총피경중과 규격서중에 있어서 감소하여 일반관행인 75cm×25cm보다 밀식하는 것이 바람직하다(김 등, 1999).

Kim 등(1996)의 보고에 의하면 조직배양묘가 경삽묘에 비해 피경형성기 10일, 피경비대기 15일 빨랐으나, 복지장 및 복지수는 경삽묘가 길고 많았으며, 주당서수에 있어서도 조직배양묘에 비해 경삽묘가 2.3배 많아 감자 양액재배에 의한 종서 급속증식수단으로 경삽묘가 효과적이라 하였다.

김 등(1997)은 조직배양묘를 이용한 씨감자 생산방법별 m²당 수량성을 비교해보면 온실내 경삽증식, 기내소피경형성시 삼각 플라스크, 페트리디쉬 그리고 양액재배에서 피경수는 양액재배와 페트리디쉬 생산방법이 경삽증식이나 삼각 플라스크방법보다 많았고, 피경중의 경우 양액재배방법이 경삽, 페트리디쉬를 이용한 기내소피경의 경우보다 많았다고 하였다.

손 등(1997)의 보고에 의하면 무토양재배는 토양재배에 비하여 외부 환경변화에 대한 근권부의 환경변화가 크기 때문에 작물 생육에 직접적인 영향을 미치며, 이것은 무토양재배시스템의 형태 및 배지의 종류, 배지 관리방법 등에 따라서 다양한 변화를 보인다. 근권부 환경이 작물의 생육에 미치는 영향으로는 작물의 줄기 신장(Poul, 1997), 특정 양분흡수 및 저해 현상

(Papadopoulos와 Tiessen, 1987; Voipio와 Autio, 1995; Wang과 Tachibana, 1996), 작물의 광합성 속도증대(Udagawa와 Gomi, 1989) 등 다양한 형태로 관여하는 것으로 보고되고 있으며, 근권 제한이 식물의 영양생장 효과가 있는 반면, 과실 성장에는 거의 영향을 미치지 않는다(Al-Sahaf, 1984).

Argo와 Biernbaum(1994)은 심지관수는 실내식물 관리시 문제가 되는 관수 횟수의 조절과 화분 바닥으로 흘러내리는 잉여수분을 효율적으로 제어할 수 있고, 물과 비료의 소비량이 가장 적을 뿐만 아니라 생육에도 좋으며, 심지관수는 심지의 규격 및 배양토의 조성이 용기내의 함수량에 큰 영향을 미칠 것으로 판단된다고 하였으며, Argo 등(1995a)은 배양토는 식물의 생육, 개화와 결실에 영향을 줄뿐만 아니라 수분의 흡수 시간과 위조 시간에도 영향을 준다고 하였다.

Jo 등(1997)은 Do Boodt와 Verdonck(1973)가 제시한 상토재료의 적정 물리성인 총공극량 85%, 1kPa에서의 공기 20~30%, 이용수분 20~30%와 비교하면 총공극량은 perlite가 적당하나, 이용수분은 peatmoss와 perlite가 과다한 반면, vermiculite는 약간 부족하고, bark와 osmunda는 너무 낮은 수준이어서 수분 소모가 작은 작물이외에는 사용이 제한되어야 할 것이라고 하였고, Son 등(2000)은 배지내 식양토량이 증가는 공극량(porosity)을 감소시킨 반면, peatmoss의 증가는 수분량을 증가시키고, 심지관수 상태 하에서 식물 생육시 분내수분량(water content)은 식물종의 뿌리발육과 밀접한 관계가 있는 것으로 나타나 배지의 수분량(moisture capacity)만으로 적정배지를 선정하는 것은 문제가 있다고 하였다.

배양토 물리성 중 식물에 가장 많은 영향을 미치는 것은 수분량과 공극률의 상대적 비율로 알려져 있는데, Reed(1996)는 perlite는 배지내 공극률을 높이고 안정적인 것이 특징이고, EC에 가장 영향을 적게 주는 배지로서 물리·화학적으로 안정되어 있고, Wilson(1986)도 perlite의 활용성을 높이 평가하였으며, perlite의 유효수분함량을 높일 수 있도록 peatmoss, 입상 암면 등을 첨가하면 물리성이 안정된 배지가 만들어질 수 있다고 보고하였다(조 등, 1981; Benoit와 Ceustermans, 1990; Lee 등, 1993). Beardsell 등(1979)은 peatmoss는 단위면적당 증발량이 높으나 초기 수분흡수가 좋지 않다고 하였다.

송이는 보수성과 배수성, 통기성이 우수하여 방울토마토, 축성 딸기 등에서 생산성 시험연구 결과 송이 자체의 성분은 rock wool의 성분과 비교하여도 화학적으로 안정되어 있다고 하였다(Chang과 Kim, 1992).

宋 등(1992)은 제주산 송이를 고품배지로 하여 겨울철 방울토마토 양액재배 시험을 실시한 결과 재배 후 토마토의 뿌리가 송이와 분리하기 쉽고, 송이를 세척하고 소독하기가 매우 간편할 뿐 아니라, 사용후의 공해문제가 전혀 없어 외국에서 많이 사용하고 있는 Rock wool 재배 등에 비해 통기성, 보수성 등이 우수하여 양액재배의 고품배지로서 적합하다고 하였다.

Chang 등(1992)은 송이는 Rock wool cube, Perlite 및 토양재배구에 비해 흡수, 배수의 보수성이 우수하고, 수량·당도에 있어서 다른 배지구에 비해 차이가 없었으며, 송이의 크기는 직경 3~12mm 범위의 것을 혼합 사용하는 것이 좋다고 하였다.

Lee 등(1998)은 배지의 종류와 급액방법이 양액재배 오이의 성장과 수량에 미치는 영향에서 펠라이트 단용배지와 코코피트 혼용배지의 경우 점적튜브저면에 부직포를 펼친 변형점적급액법이 주당 수량이 많았으며, 상품과실수와 상품과실수량은 코코피트 혼용배지의 변형점적급액법이 가장 많았고, 기형과율도 낮게 나타났다고 하였다. 배 등(1999)도 물리·화학적 특성이 우수한 코코피트에서 상추의 생육량이 높았다고 하였다.

Ⅲ. 재료 및 방법

본 시험은 2001년 9월부터 2002년 1월까지 제주시 아라 1동 1번지에 소재한 제주대학교 농업생명과학대학 연구실습센터 유리온실에서 수행하였다.

시험 1. 적정배지 선발

공시품종은 제주에서 많이 재배되고 있는 대지(Dejima)품종으로 2001년 3월부터 생장점을 이용 조직배양한 후 2,000lux, 16시간 광주기 조건하에서 shoot의 발근을 유도하여 8월에 vermiculite+perlite+peatmoss (1:1:1)를 혼합한 72구 트레이묘판(depth 6.0cm, volume 55cm³)에 삽목하여 주간 20℃, 야간 16℃의 온도와 16시간의 일장조건하에서 발근을 유도 potting화시킨 후, 9월 19일에 정식하였다.

시험구 처리 배지로 제주송이(Jeju scoria), perlite, peatmoss, cocopeat의 단용배지와 이들을 혼합한 혼합배지 및 대조구로 상품화된 배지(vermiculite 10~20%, peatmoss 70~80%, perlite 10~20%) 등 13가지이었다(표 2). 혼합배지의 비율은 부피비율로 하였고, 적용배지중 제주송이(Jeju scoria)는 직경 5~10mm 범위의 크기의 것을 수세하여 사용하였다. 배지는 내경 510(L)×315(W)×200(H)mm인 스티로폼 상자를 이용하여 20리터를 충전하였고, 1.5cm×40cm인 양액흡수용 심지를 6개씩 설치하였으며, 경삽 플러그묘를 m²당 33주 비율로 정식하였다. 정식후 양액공급은 1/2 일본원시액을 'bed 저면 물 흘림' 방식으로 모터펌프와 타이머를 장치하여 10분 간격으로 1분씩 공급하였고 pH는 5.5~6.5, EC는 0.5~2.0dS/m을 유지하여 관리하였다.

시험구배치는 난괴법 3반복으로 하였으며, 조사형질은 처리배지별 양액흡수량, 경장, 경직경, 엽장, 엽폭 등을 조사하였으며, 정식 90일 후에 수확하여 괴경수량, 괴경수 등 수량관련 형질을 조사하였다. 시험 배지의 물리성을 조사하기 위하여 감자 수확직후 각각의 배지별로 총공극량(total porosity), 수분함유량(moisture content), 진비중(particle density)과 가비중(bulk density)을 측정하였다.

기타 재배방법 및 생육과 수량조사는 농촌진흥청 농사시험연구기준에 준하였다(농촌진흥청, 1995).

시험 2. 적정 심지수 구명

공시품종은 대지이었고 시험 1과 동일한 방법으로 경삼플러그묘를 생산하여 2001년 10월 17일에 정식하였다. 시험구는 배지종류를 Jeju scoria+peatmoss, perlite+peatmoss를 부피비로 각각 1:2 등 2종류로 하였고, 심지(1.5cm×40cm)를 스티로폼 상자당 2, 4, 6, 8, 10개씩 5종류로 처리하였다.

시험구배치는 배지종류를 주구, 심지수를 세구로 한 분할구배치법 3반복으로 하였다.

사용용기, 양액, 배지량, 재식거리, 양액공급방법은 시험1과 동일하게 하였고, 조사형질은 각 심지수별, 배지종류별 양액흡수량을 조사하였으며, 그 외 항목은 시험1과 동일하다.



시험기간 중의 온실내 및 외기의 기온은 표 1에서 보는 바와 같다.

Table 1. Meteorological factors during the experimental period in 2001~2002.

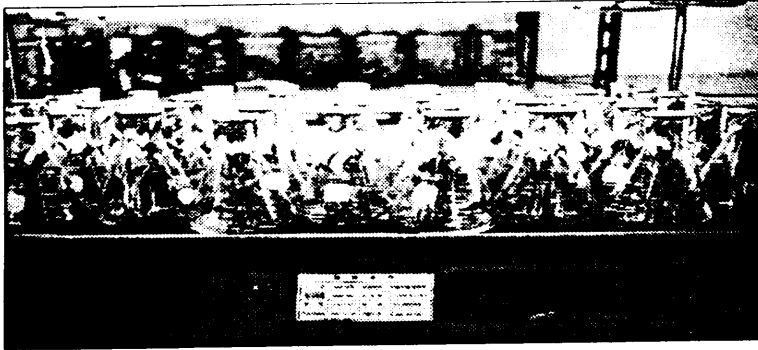
		Inside of glasshouse						Outside of glasshouse					
		Temperature			Humidity			Temperature			Humidity		
		Max.	Min.	Avg.	Max.	Min.	Avg.	Max.	Min.	Avg.	Max.	Min.	Avg.
Sept.	M [▷]	36.0	18.1	27.0	89.4	43.2	66.3	29.8	18.0	23.9	89.6	32.2	60.9
	L	35.5	16.0	25.8	86.9	37.1	62.0	29.6	15.4	22.5	86.6	37.6	62.1
Oct.	E	29.6	15.0	22.3	88.0	41.1	64.6	25.0	14.2	19.6	88.0	41.1	64.6
	M	38.6	13.7	26.1	85.8	24.2	55.0	26.1	12.7	19.4	85.8	24.2	55.0
	L	35.3	14.9	25.1	88.1	27.0	57.6	25.9	13.3	19.6	89.1	28.7	58.9
Nov.	E	32.8	8.8	20.8	87.1	25.6	56.4	19.1	17.9	18.5	87.1	25.6	56.4
	M	32.4	8.7	20.6	85.2	29.3	57.3	19.4	5.1	12.3	85.2	29.3	57.3
	L	32.8	9.0	20.9	81.0	29.6	55.3	21.9	4.8	13.3	81.0	29.6	55.3
Dec.	E	29.7	11.9	20.8	77.1	38.6	57.9	17.7	4.0	10.9	77.3	38.3	57.8
	M	24.3	15.7	20.0	65.4	44.4	54.9	14.4	4.9	9.6	65.4	47.3	56.4
	L	24.1	17.9	21.0	52.9	37.6	45.2	7.4	0.6	4.0	52.9	37.6	45.2
Jan.	E	29.0	18.0	23.5	51.3	25.7	38.5	10.3	0.0	5.2	51.3	25.7	38.5

▷ E : early, M : medium, L : late.

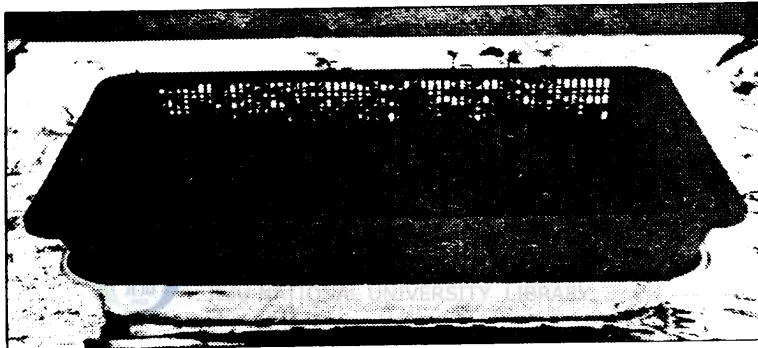
Table 2. The volume formulation of 13 root media.

Treatment	Root media
JS	Jeju scoria
PL	perlite
PM	peatmoss
CP	cocopeat
CM	commercial growing mix. [†]
SP1	Jeju scoria + peatmoss = 1 : 1
SP2	Jeju scoria + peatmoss = 1 : 2
SC1	Jeju scoria + cocopeat = 1 : 1
SC2	Jeju scoria + cocopeat = 1 : 2
PP1	perlite + peatmoss = 1 : 1
PP2	perlite + peatmoss = 1 : 2
PC1	perlite + cocopeat = 1 : 1
PC2	perlite + cocopeat = 1 : 2

[†] : vermiculite 10~20%, peatmoss 70~80%, perlite 10~20%.



Shoot cultured *in vitro*

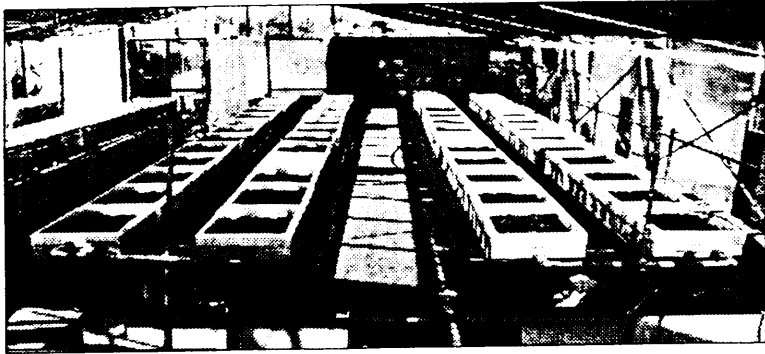


Hardening of shoot cultured

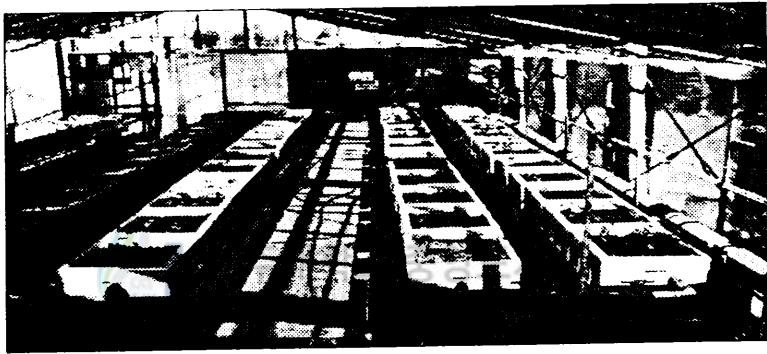


Potato plug seedlings

Photo 1. Potato plug seedling production for wick culture.



Wick culture system



After transplanting potato plug seedlings



After transplanting 70 days

Photo 2. Growth of potato plug seedling for wick culture.

IV. 결과 및 고찰

시험 1. 적정 배지 선발

감자 분무경 양액재배의 문제점을 해결할 수 있는 방안의 하나로, 심지재배 방법을 이용한 감자 건전종서의 대량생산 기술을 개발하고자, 이에 필요한 적정배지를 구명하기 위하여 감자 경삽플러그묘를 13종류의 배지를 처리한 스티로폼상자에 정식, 재배하여 지상부 생육형질 및 괴경수량 형질을 조사한 결과는 표 3, 4, 5 및 그림 1에서 보는 바와 같다.

1. 생육형질

감자수확 직후 처리 배지별로 배양토의 물리, 화학적 특성은 표 3에서 보는 바와 같이 총공극량은 CP 단용구가 90.4%로 가장 높고 다음으로 PM, PP2, SP2 배지에서 높게 나타났으며, JS 단용구가 76.3%, PL 단용구가 69.7%로 낮았는데, 총공극량은 cocopeat 및 peatmoss의 양과 비례하고, Jeju scoria 양과 perlite 양과는 반비례하는 것을 알 수 있었다.

배지의 용적에 대한 건조고형물의 비를 나타내는 가비중은 JS 단용구에서 0.56%로 가장 높았으며, 다음으로는 Jeju scoria가 혼용된 Jeju scoria+peatmoss, Jeju scoria+cocopeat 배지에서 $0.34\sim 0.45\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 로 높은 비율을 나타내었다. 진비중에서도 이와 유사한 경향치를 나타내었다.

감자 수확 직후의 배지에 물로 충전되어 있는 양을 나타낸 수분함유량 (moisture content)은 SP1, SP2 배지와 SC2 배지, PP2 배지에서 높았다. 또한 JS, PL, PM, CP 단용배지 중의 수분함유량 차이는 CP가 77.3%로 가장 높고, JS가 9.5%로 가장 낮아 수분함유량은 cocopeat와 peatmoss의 배합율이 높을수록 높아지는 것을 알 수 있었다.

본 시험에서 peatmoss와 cocopeat 양의 증가는 총공극량과 수분함량을 증가시킨 것으로 나타나 손 등(2000)이 peatmoss, perlite 및 식양토를 혼합한 배양토의 물리성 조사 결과 배지내 식양토량의 증가는 공극량을 감소시키는 반면, peatmoss 양의 증가는 공극량을 증가시킨다고 보고와 유사한 경향을 보였다.

배지 종류에 따른 경장은 정식 50일과 70일 후 조사에서 PP1, PP2 배지와 SP1, SP2 혼합배지에서 높았다. 엽장과 엽폭 형질에서도 경장에서와 유사한 경향치를 나타내었다.

지상부 생체중은 SP2에서 가장 무거웠으며, 다음으로 PP2, PP1 배지, 대조구인 CM 배지와 SP1 배지 순으로 무거웠다. 근생체중에서도 이와 유사한 경향을 나타내었으나 통계적인 유의차는 보이지 않았다.

본 실험 결과에서 perlite+peatmoss 혼합배지에서 경장, 지상부생체중 등의 형질이 양호해지는 결과를 보인 것은 perlite의 단점인 유효수분함량을 높일 수 있는 peatmoss를 혼합하여 배지를 조제한데서 기인한 것으로 판단된다 (Wilson, 1986; Benoit와 Ceustermans, 1990; Desmond, 1991; Lee 등, 1993). 또한 Evans 등(1996)이 cocopeat는 다른 배지에 비해 물리·화학적 특성이 우수하여 작물의 생육에 적합하다고 하였으나 본 실험에서는 수분함유량이 cocopeat 단용구가 가장 높아 급액량이 많아지는 데 따른 물리적 특성이 달라졌기 때문인 것으로 생각된다.

Table 3. Physical and chemical properties of media used for the experiment.

Medium	Total porosity [†] (%)	Bulk density (g · mL ⁻¹)	Particle density (gm · L ⁻¹)	Moisture capacity (%)
JS	76.33	0.56	2.38	9.57
PL	69.71	0.17	0.57	45.28
PM	88.40	0.11	0.96	55.83
CP	90.41	0.11	1.16	77.32
CM	84.96	0.15	1.01	53.90
SP1	83.99	0.39	2.41	48.25
SP2	86.07	0.26	1.89	58.51
SC1	80.44	0.45	2.29	40.01
SC2	83.86	0.34	2.10	53.76
PP1	84.26	0.14	0.89	63.74
PP2	87.65	0.12	0.94	75.54
PC1	78.32	0.15	0.70	65.19
PC2	82.36	0.14	0.78	68.95
Mean	82.83	0.24	1.39	55.07
LSD [‡] (5%)	1.52	0.03	0.03	10.54

† : Percentage volume in container.

‡ : Significant at 5% probability level.

Table 4. Growth characters at 50 and 70 days after transplanting the potato plug seedlings.

Medium [‡]	At 50 days after transplanting				At 70 days after transplanting			
	Plant	Stem	Leaf	Leaf	Plant	Stem	Leaf	Leaf
	height (cm)	diameter (mm)	length (cm)	width (cm)	height (cm)	diameter (mm)	length (cm)	width (cm)
JS	4.83	1.73	7.16	4.25	4.85	2.02	7.73	4.74
PL	9.56	2.77	10.38	6.30	10.04	3.06	11.32	6.68
PM	16.04	3.20	15.31	8.44	16.28	3.36	15.92	8.49
CP	9.63	2.77	7.58	4.29	11.03	3.08	8.09	4.71
CM	21.44	4.30	16.24	7.68	24.83	4.36	17.98	8.00
SP1	31.31	3.92	18.79	9.98	32.25	4.11	19.50	10.09
SP2	33.36	4.39	22.49	10.29	34.19	4.67	23.70	10.42
SC1	14.73	2.81	12.53	8.01	15.28	3.15	13.58	8.16
SC2	19.64	3.51	13.73	7.64	20.30	3.61	14.85	8.10
PP1	33.36	3.28	17.89	9.74	35.04	3.58	18.99	9.84
PP2	34.86	3.83	19.49	9.27	35.26	4.09	20.86	9.59
PC1	10.39	2.15	9.84	5.66	11.20	2.64	9.40	5.84
PC2	11.89	2.78	10.83	5.58	13.21	2.95	11.41	6.01
Mean	19.31	3.19	14.02	7.47	20.29	3.44	14.87	7.74
LSD [†] (5%)	10.21	1.00	5.44	2.39	12.51	0.83	6.85	2.47

‡ : See table 3.

† : Significant at 5% probability level.

2. 수량형질

정식 90일 후 수확한 괴경 수량형질은 표 5에서 보는 바와 같다.

m²당 총서중은 SP2 배지에서 가장 무거웠으며, 다음으로 PP2, PP1 배지 및 SP1 배지 순으로 무거웠다.

주당괴경수는 대조구인 CM 배지구에서 가장 많았고, SC1, SC2 배지구에서 다음으로 많았다. 그러나 주당 괴경평균중은 PP2, SP2 혼합배지 순으로 무거워 총서중과 유사한 경향을 나타내었다.

또한 대부분의 단용처리구에서는 전반적인 생육이 불량하였는데 이는 Jeju scoria와 perlite는 수분보유력이 낮고, peatmoss는 기상율(air space)이 낮은 데서 기인한 것으로 보인다. 최 등(1997)은 관수 후 중력수가 흘러내린 직후 포트내의 배양토가 보유할 수 있는 수분함량은 peatmoss와 질석이 혼합된 배양토가 높았으며, peatmoss와 질석, peatmoss와 perlite가 혼합된 배양토에서 좋은 생육을 보였다고 보고하고 있다.

본 시험에서도 혼합배지 중 SP2 배지와 PP2 배지구에서 감자의 지상부 및 괴경수량 관련형질이 양호하였다. 이와같이 scoria를 주재료로 한 혼합배지에서 감자의 생육이 양호한 결과를 보인 것은 scoria는 보수성과 배수성, 통기성이 우수한 반면(Chang과 Kim, 1992), peatmoss는 수분량을 증가시켜(손 등, 2000) 감자생육에 유리한 배지로서의 역할을 할 수 있었기 때문인 것으로 생각된다.

따라서 감자 심지재배시 배양토의 종류와 혼합비율에 따라 감자의 생육, 괴경형성에 영향이 매우 큰 것으로 나타나 심지재배를 이용하여 종서생산시 scoria나 perlite에 peatmoss를 1 : 2 비율로 혼합하여 이용하는 것이 생육에는 양호한 결과를 보였는데, 국내생산가능성, 배지 재료구입비 등을 고려할 때 scoria와 peatmoss를 1 : 2 비율로 혼합하여 이용하는 것이 유리할 것으로 판단되었다.

Table 5. Fresh weight, number of tubers per plant and tuber yield at 90 days after transplanting the potato plug seedling.

Medium [‡]	Top fresh weight (g/plant)	Root fresh weight (g/plant)	Moisture content (%)	No. of tubers/plant	Tuber weight (g)	Tuber yield (g/m ²)
JS	3.36	0.69	9.57	1.56	6.51	314
PL	9.41	1.65	45.28	3.39	5.66	708
PM	9.45	1.04	55.83	1.53	20.35	1073
CP	17.21	3.44	77.32	6.77	3.67	969
CM	45.42	4.07	53.92	10.72	5.30	2222
SP1	44.14	6.32	48.25	4.33	35.91	4801
SP2	94.38	7.78	58.51	5.08	43.00	6339
SC1	19.98	6.03	40.01	6.39	8.66	1652
SC2	27.50	5.21	53.76	6.58	11.57	2045
PP1	59.27	6.96	63.74	4.63	31.24	4705
PP2	64.19	5.82	75.54	2.45	66.98	5035
PC1	21.52	2.30	65.19	5.33	5.72	1018
PC2	12.84	7.12	68.95	4.17	7.61	1176
Mean	32.97	5.26	55.06	4.84	19.40	2503
LSD [†] (5%)	34.70	NS	10.54	3.30	17.77	145

‡ : See table 3.

† : Significant at 5% probability level.

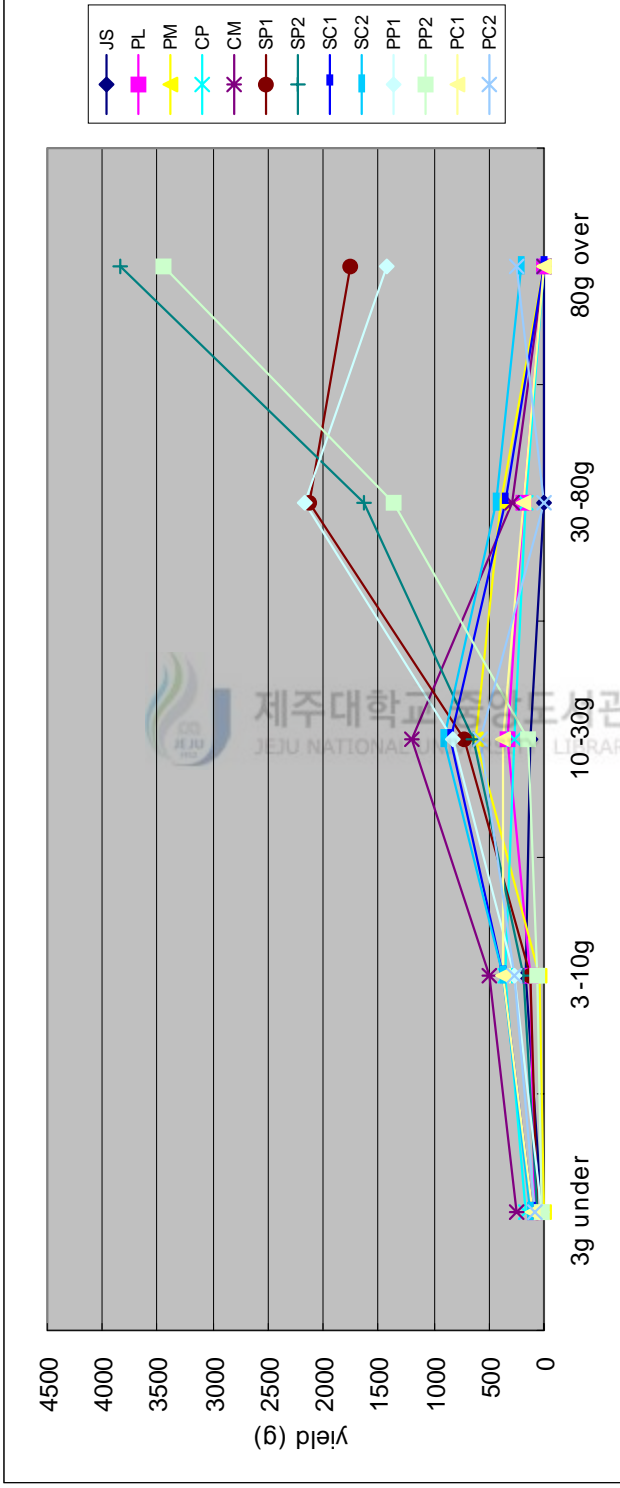


Fig. 1. Tuber weight distribution per m² at 90 days after transplanting the plug seeding.

3. 형질간의 상관

배지종류에 따른 각 형질간의 상관은 표 6에서 보는 바와 같다.

경삽 플러그묘에 있어서 경장은 괴경평균중과 유의한 정의 상관관계를 나타내었고, 경직경은 엽장, 엽폭, 지상부 생체중, 근 생체중, 총서중, 가비중과 고도로 유의한 정의 상관관계를 보였으며, 주당 괴경수와는 유의한 정의 상관관계를 보였다. 엽장은 엽폭, 지상부 생체중, 근 생체중, 가비중과 고도로 유의한 정의 상관관계를 보였고, 주당 괴경수, 총서중과는 유의한 정의 상관관계를 보였다. 엽폭은 지상부 생체중, 근 생체중, 가비중과 고도로 유의한 정의 상관을 보였으며, 주당 괴경수, 총서중과는 유의한 정의 상관관계를 보였다. 지상부 생체중은 가비중과 고도로 유의한 정의 상관관계를 보였고, 근 생체중, 주당 괴경수, 총서중과는 유의한 정의 상관관계를 보였다. 근 생체중은 주당 괴경수, 가비중과 고도로 유의한 정의 상관을 보였고, 총서중과는 유의한 정의 상관관계를 보였다. 괴경 평균중은 진비중과 고도로 유의한 부의 상관을 보였고, 총공극량과 유의한 부의 상관을 보였다. 수분 함유량은 가비중과 고도로 유의한 정의 상관관계를 보였다.

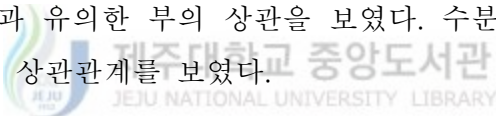


Table 6. Correlation coefficients among the agronomic characters of potato grown in 13 media composition.

	Stem length	Stem diameter	Leaf length	Leaf width	Top fresh weight	Root fresh weight	No. of tuber /plant	Tuber weight	Moisture capacity	Tuber yield	Bd	Pd
Stem diameter	0.379											
Leaf length	0.195	0.864***										
Leaf width	0.240	0.944***	0.915***									
Top fresh weight	0.246	0.911***	0.830***	0.960***								
Root fresh weight	0.351	0.903***	0.834***	0.878***	0.780**							
No. of tuber /plant	0.387	0.644*	0.662*	0.683*	0.603*	0.822***						
Tuber weight	0.603*	0.382	0.400	0.257	0.188	0.352	0.267					
Moisture capacity	0.194	0.119	0.378	0.081	0.011	0.198	0.175	0.229				
Tuber yield	0.291	0.829***	0.623*	0.796**	0.759**	0.759**	0.509	0.316	-0.348			
Bd	0.360	0.956***	0.815***	0.910***	0.871***	0.947***	0.782**	0.306	0.034	0.852***		
Pd	-0.297	-0.195	-0.264	-0.143	-0.055	-0.159	0.009	-0.846***	-0.120	-0.138	-0.056	
f	-0.211	0.068	0.049	0.110	0.178	0.080	0.240	-0.609*	0.008	0.058	0.203	0.904***

*, **, *** : Significant at 5, 1 and 0.1% probability levels, respectively.

시험 2. 적정 심지수 구명

감자 분무경 양액재배의 문제점을 해결할 수 있는 방안의 하나로 심지재배 방법을 이용한 감자 건전중서의 대량생산 기술을 개발하고자 적정배지와 심지수를 구명하기 위하여 경삼플러그묘를 스티로폼 상자에 정식, 재배하여 지상부 생육형질 및 괴경 수량 형질의 변화를 조사한 결과는 표 7, 8, 9 및 그림 2와 같다.

1. 생육형질

감자 수확 직후 심지수 및 처리 배지별 배양토의 물리, 화학적 특성은 표 7에서 보는 바와 같이 배지에서 공극이 차지하는 백분율을 나타내는 총공극량은 배지별로는 SP2 배지와 PP2 배지간에 차이가 없이 85% 수준이었으며, 심지수별로는 심지수가 많아질수록 총공극량이 높아지는 경향을 나타내었다.

배지의 용적에 대한 건조고형물의 비를 나타내는 가비중은 배지별로는 scoria가 혼용된 SP2배지가 $0.27 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 로 높은 비율을 나타내었으며, 심지수 간에는 $0.16 \sim 0.22 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 으로 유의성이 인정되었다. 진비중에서도 이와 유사한 경향치를 나타내었다.

감자 수확 직후의 배지에 물로 충전되어 있는 양을 나타낸 수분함유량 (moisture content)은 SP2 배지보다 PP2 배지가 높았으며 심지수 간에는 심지수가 많아질수록 55%에서 70%로 함량이 많아지는 추세를 보여 심지수가 늘어날수록 수분 및 양분흡수가 증가하는데서 기인한 것으로 사료된다.

배지 종류 및 심지수에 따른 경장은 배지종류별로는 생육중반기인 정식 50일 후에는 SP2 배지보다 PP2 배지에서 더 길어지는 것으로 조사되었으나 생육후반기인 70일 후에는 배지종류간에는 차이가 없는 것으로 나타났다. 경직경, 엽장, 엽폭 등의 형질은 배지종류에 따른 차이가 없었고, 심지수가 많아질수록 관련형질이 양호해지는 추세를 나타내었다.

지상부 생체중은 배지종류간에는 차이가 없었으며, 심지가 6개 이상 처리구에서 무거웠으며, 배지종류와 심지수 간의 상호작용도 인정되었다. 근생체중은 지상부생체중과 유사한 경향을 보였으나 배지종류와 심지수 간의 상호작용은 인정되지 않았다.



Table 7. Effects of wick number on physical and chemical properties of media used for the experiment.

Medium	No. of wicks per box	Total porosity (%)	Bulk density ($\text{gm} \cdot \text{L}^{-1}$)	Particle density ($\text{gm} \cdot \text{L}^{-1}$)	Moisture capacity (%)
SP2	2	84.78	0.321	2.109	47.32
	4	85.04	0.307	2.054	59.12
	6	89.20	0.210	1.934	63.21
	8	85.06	0.286	1.915	61.88
	10	85.17	0.259	1.748	61.70
	Mean	85.85	0.277	1.952	58.64
PP2	2	83.87	0.118	0.732	63.25
	4	88.52	0.121	1.053	78.88
	6	79.91	0.122	0.609	77.64
	8	86.57	0.119	0.890	79.67
	10	87.32	0.121	0.958	78.19
	Mean	85.24	0.120	0.848	75.53
Mean	2	84.33	0.220	1.420	55.28
	4	86.78	0.214	1.553	69.00
	6	84.55	0.166	1.272	70.42
	8	85.82	0.203	1.403	70.78
	10	86.25	0.190	1.353	69.94
LSD 5%(1)	NS	0.067	0.071	NS	
LSD 5%(2)	NS	0.034	0.005	9.35	
LSD 5%(3)	NS	0.049	0.007	NS	
LSD 5%(4)	NS	0.075	0.071	NS	

LSD 5%(1): Between medium means

LSD 5%(2): Between the number of wick means

LSD 5%(3): Between the number of wick means for the same medium

LSD 5%(4): Between medium means for the same or different the number of wick

Table 8. Effects of wick number on growth characters at 50 and 70 days after transplanting the plug seedling of potato through wick culture.

Medium	No. of wicks per box	At 50 days after transplanting				At 70 days after transplanting			
		Plant height	Stem diameter	Leaf length	Leaf width	Plant height	Stem diameter	Leaf length	Leaf width
		(cm)	(mm)	(cm)	(cm)	(cm)	(mm)	(cm)	(cm)
SP2	2	20.54	2.10	18.47	11.17	22.93	2.83	21.39	11.20
	4	22.18	2.40	18.44	10.84	23.28	2.85	20.31	11.62
	6	24.04	2.36	22.48	13.64	24.32	3.59	24.35	14.29
	8	24.33	2.81	18.35	10.83	27.16	3.29	20.34	11.81
	10	25.83	2.36	23.81	12.98	30.06	3.22	25.09	14.14
	Mean	23.39	2.41	20.31	11.89	25.55	3.16	22.30	12.61
PP2	2	23.90	2.10	19.42	11.27	24.64	3.68	22.42	12.51
	4	21.59	1.96	17.13	10.52	25.35	3.70	19.17	10.53
	6	24.68	2.01	17.38	9.98	26.50	3.15	19.53	10.92
	8	26.39	2.41	22.20	11.25	28.02	3.40	23.91	12.46
	10	25.85	2.56	19.57	9.70	32.41	3.53	23.18	10.01
	Mean	24.48	2.21	19.14	10.55	27.38	3.49	21.64	11.29
Mean	2	22.22	2.10	18.94	11.22	23.79	3.26	21.90	11.85
	4	21.89	2.18	17.79	10.68	24.31	3.27	19.74	11.07
	6	24.36	2.19	19.93	11.81	25.41	3.37	21.94	12.60
	8	25.36	2.61	20.28	11.04	27.59	3.34	22.12	12.14
	10	25.84	2.46	21.69	11.34	31.24	3.37	24.14	12.08
	LSD 5%(1)	0.49	NS	NS	NS	NS	0.29	0.42	NS
LSD 5%(2)	2.34	0.32	1.66	NS	3.25	NS	2.23	NS	
LSD 5%(3)	NS	NS	2.34	NS	NS	0.57	3.15	1.83	
LSD 5%(4)	NS	NS	2.34	NS	NS	0.57	2.85	2.39	

LSD 5%(1): Between medium means

LSD 5%(2): Between the number of wick means

LSD 5%(3): Between the number of wick means for the same medium

LSD 5%(4): Between medium means for the same or different the number of wick

2. 수량형질

m²당 총서수량은 배지종류별로는 JP2 혼합배지와 PP2 배지간에는 차이가 인정되지 않았으나 심지수 처리에서는 심지수 6개 처리구에서 가장 많았다. 다음으로 심지수 8개 및 10개 처리구, 2개 및 4개 처리구 순으로 나타났으나, 배지종류 및 심지수 간의 상호작용은 보이지 않았다.

심지재배에 있어서 심지수는 공급되는 양액을 재배배지에 공급하고 배지의 상태를 식물의 생육에 최적의 상태로 유지할 수 있도록 하는 수단으로서 매우 중요하다.

0.185m² 면적의 스티로폼상자에 1.5cm×40cm 크기의 양액흡수용 심지를 2~4개까지 처리한 구에서는 양액 및 수분 흡수량이 부족하여 생육이 부진하였던 반면, 8개 이상 처리구에서는 양액 및 수분흡수, 보존력이 지나쳐 수분 과잉상태에 의한 감자 괴경수량 관련형질이 불량해진 것으로 판단되었다. 또한 양액과잉흡수로 인해 줄기와 잎이 과번무되어 지상부와 지하부 생육 불균형을 초래하였고, 괴경 성숙을 지연시킨 것으로 보인다(Lauer, 1963; Ojala 등, 1990).

Reed(1996)은 perlite는 배지내 공극률을 높이고 안정적인 것이 특징이며, EC에 가장 적게 영향을 주는 배지로서 물리, 화학적으로 안정되어 있다고 하였으며, 이 등(1996)은 peatmoss가 혼합된 배양토에서 지상부생체중, 보수력 등이 가장 높게 나타났으며, 건물중의 변화도 가장 무거웠다고 보고하고 있다. 또한 송 등(1992)은 제주산 송이를 고품배지로하여 토마토 양액재배 결과 뿌리와 배지의 분리가 쉽고, 세척과 소독이 매우 간편할 뿐만 아니라 사용 후 공해문제가 전혀 없어 양액재배시 고품배지로 적합하다고 하였고, Chang 등(1992)은 송이는 Rock wool, perlite 및 토양재배구에 비해 보수성 및 수량이 차이가 없었으며 송이의 크기는 3~12mm 범위의 것이 좋다고 하였다.

따라서 심지재배는 고체배지를 이용할 수 있는 장점을 지니고 있기 때문에 분무경 양액재배처럼 무조건 경삽묘나 조직배양 유식물체를 이용할 필요 없이 무병 건건종서를 직접 scoria나 perlite에 peatmoss를 혼합하여 조제한 고체배지에 파종하여 재배함으로써 경수증가에 의한 복지수증가로 결과적으로 총서수량을 늘릴 수 있는 방안에 대한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

결론적으로 심지재배 방법을 이용한 감자 건전종서 대량생산을 위한 적정 배지선발 시험결과 JP2 배지와 PP2 배지간에는 감자의 지상·지하부 생육에는 차이가 없는 것으로 나타났으나, 국내생산 가능성, 배지구입비 등을 종합해 볼 때 제주지역에 대량 매장되어 있는 JP2 혼용배지에 심지수 6개를 처리하여 재배하는 것이 유리할 것으로 판단되었다.



Table 9. Effects of wick number on fresh weight, number of tuber per plant and tuber yield at 90 days after transplanting the potato plug seedling.

Medium	No. of wicks per box	Top fresh weight (g/plant)	Root fresh weight (g/plant)	Moisture content (%)	No. of tuber/plant	Tuber weight (g)	Tuber yield (g/m ²)
SP2	2	48.00	1.20	47.32	2.57	33.86	2358
	4	43.68	1.68	59.12	2.10	30.03	2605
	6	67.85	2.36	63.12	3.30	38.65	4354
	8	67.81	1.87	61.88	3.21	28.54	3042
	10	71.37	1.99	61.70	4.13	29.71	3998
	Mean	57.74	1.82	58.64	3.06	32.16	3271
PP2	2	42.19	1.70	63.25	2.60	18.06	2465
	4	50.54	1.44	78.88	4.17	29.38	2459
	6	61.62	1.96	77.64	4.70	30.98	4804
	8	67.60	2.69	79.67	3.18	33.12	3338
	10	57.47	2.04	78.19	3.28	26.92	2921
	Mean	53.88	1.97	75.53	3.58	27.69	3197
Mean	2	45.09	1.45	55.28	2.58	25.96	2412
	4	47.11	1.56	69.00	3.13	29.70	2532
	6	64.73	2.16	70.42	4.00	34.81	4579
	8	67.70	2.28	70.78	3.19	30.83	3190
	10	59.42	2.01	69.94	3.71	28.31	3460
	LSD 5%(1)	NS	NS	NS	NS	NS	NS
LSD 5%(2)	13.32	0.58	9.35	NS	NS	698	
LSD 5%(3)	18.83	NS	NS	NS	NS	NS	
LSD 5%(4)	18.77	NS	NS	NS	NS	NS	

LSD 5%(1): Between medium means

LSD 5%(2): Between the number of wick means

LSD 5%(3): Between the number of wick means for the same medium

LSD 5%(4): Between medium means for the same or different the number of wick

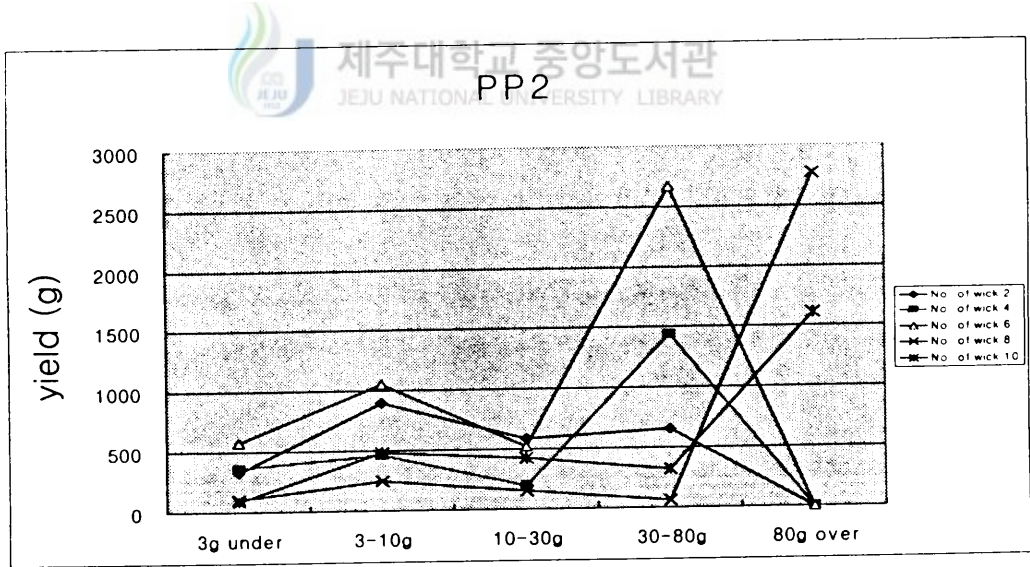
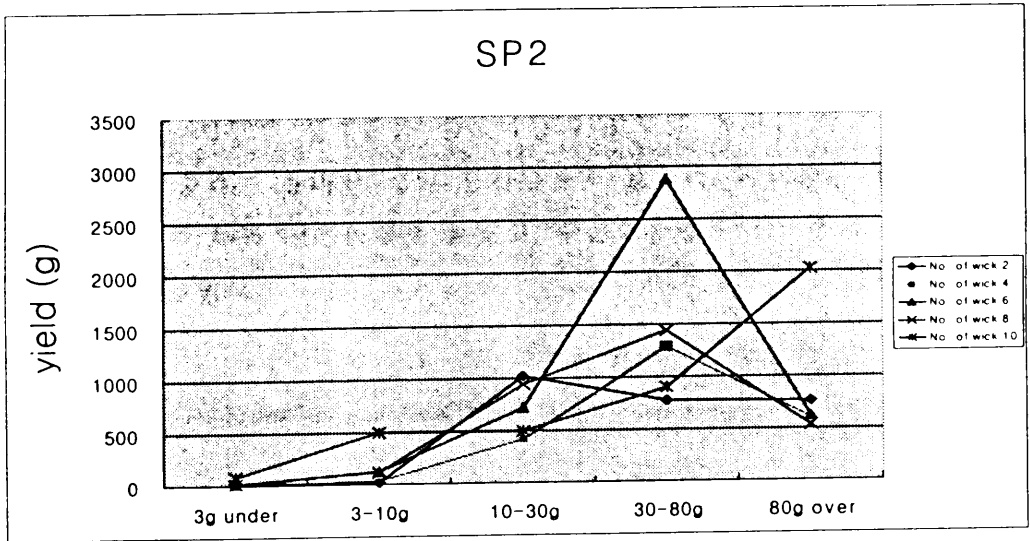


Fig. 2. Tuber weight distribution per m² at 90 days after transplanting the plug seeding.

3. 형질간의 상관

심지수에 따른 각 형질간의 상관은 표 10에서 보는 바와 같다.

경삽 플러그묘에 있어서 경장은 경직경, 근 생체중과 유의한 정의 상관을 보이고, 엽장은 근 생체중, 주당 괴경수, 수분 함유량과 유의한 정의 상관관계를 보였다. 지상부 생체중은 총공극량과 고도로 유의한 부의 상관관계를 보였고, 총서중과는 유의한 정의 상관관계를 보였다. 가비중은 진비중, 총공극량과 유의한 부의 상관관계를 보였고, 수분함유량은 진비중과 유의한 부의 상관관계를 보였다.



Table 10. Correlation coefficients among the agronomic characters of potato grown at No. of wick.

	Stem length	Stem diameter	Leaf length	Leaf width	Top fresh weight	Root fresh weight	No. of tuber /plant	Tuber weight	Moisture capacity	Tuber yield	Bd	Pd
Stem diameter	0.945*											
Leaf length	0.856	0.732										
Leaf width	0.696	0.821	0.676									
Top fresh weight	0.431	0.339	0.77	0.646								
Root fresh weight	0.894*	0.866	0.942*	0.794	0.630							
No. of tuber /plant	0.790	0.584	0.890*	0.470	0.726	0.718						
Tuber weight	0.741	0.517	0.701	0.078	0.184	0.615	0.742					
Moisture capacity	0.666	0.505	0.887*	0.373	0.573	0.839	0.700	0.771				
Tuber yield	0.101	-0.068	0.560	0.261	0.903*	0.325	0.597	0.116	0.483			
Bd	0.479	0.308	0.863	0.429	0.864	0.722	0.744	0.506	0.878	0.839		
Pd	-0.518	-0.348	-0.872	-0.394	-0.774	-0.761	-0.715	-0.592	-0.943*	-0.740	-0.985**	
f	-0.436	-0.374	-0.795	-0.685	-0.976**	-0.705	-0.650	-0.182	-0.659	-0.858	-0.901*	0.836

*,**,***: Significant at 5, 1 and 0.1% probability levels, respectively.

4. 회귀

경삽 플러그묘를 정식한 후 70일경에 조사한 생육형질과 90일 후 수확·조사한 수량형질의 회귀 그래프는 그림 3에서 보는 바와 같다.

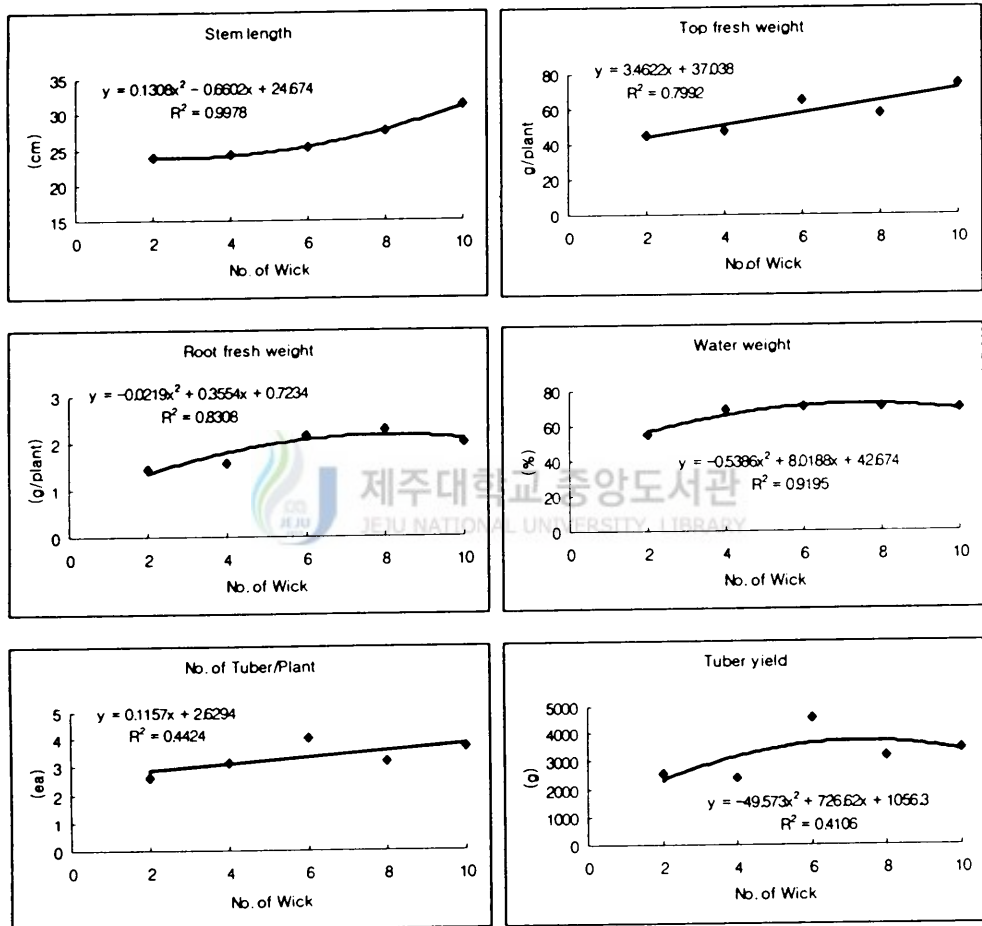


Fig. 3. Regression coefficients of growth and yield characters in potato.

V. 적 요

감자 분무경 양액재배의 문제점을 해결할 수 있는 방안의 하나로 심지재배 방법을 이용한 감자 건전종서의 대량생산 기술을 개발하고자, 이에 필요한 적정배지 및 심지수를 구명하기 위하여 감자 경삽플러그묘를 배지와 심지를 달린 스티로폼 상자에 정식, 재배하여 지상부 생육형질 및 괴경수량 형질을 조사한 결과를 요약하면 다음과 같다.

시험 1. 적정 배지 선발

1. 감자의 지상부 생육형질은 Jeju scoria+peatmoss를 1:2 비율로 혼합한 배지에서 가장 높았다.
2. m²당 총서중은 Jeju scoria+peatmoss, perlite+peatmoss를 각각 1:2 비율로 혼합한 혼합배지에서 가장 많았으며, 괴경 평균중도 perlite+peatmoss가 1:2 비율로 혼합된 배지에서 가장 무거웠다.
3. 단용배지보다는 혼용배지가 종서 생산에 유리하였으며, 특히 Jeju scoria+peatmoss, perlite+peatmoss를 각각 1:2 비율로 혼합했을 때 생육과 수량이 양호하였다.

시험 2. 적정 심지수 구명

1. 감자의 지상부 생육형질은 심지수가 많아질수록 증가하는 경향을 보였다.
2. m²당 총서중과 괴경평균중은 심지수 6개에서 가장 높았다.
3. 배지종류별로는 Jeju scoria+peatmoss, perlite+peatmoss를 각각 1:2 비율로 혼합한 배지 모두 심지수가 상자당(0.185m²) 6개를 사용했을 때 수량이 가장 높았다.

이상의 결과에서 경삽묘를 이용한 씨감자의 생산을 위한 심지 양액재배시 적정 배지는 Jeju scoria+peatmoss, perlite+peatmoss를 각각 1:2 비율로 혼합한 배지가, 적정 심지수는 6개를 사용하는 것이 씨감자의 생육과 수량에 양호하다고 판단되었다.

참 고 문 헌

- Allen, E. J. 1978. Plant density. In : The potato crop by P. M. Harris. Chapman and Hall. London : 178-326.
- Al-Sahaf, F. H. 1984. The effect of root confinement and calcium stress on the physiology, morphology and Cation nutrition in tomatoes(*Lycopersicon esculentum* Mill) Ph. D. Thesis, Lincoln University, New zealand.
- Argo, W. R. and J. A. Biernbaum. 1995a. Root-medium nutrient levels and irrigation requirements of poinsettia grown in five root media. HortScience 30 : 535-538.
- Argo, W. R. and J. A. Biernbaum. 1994. A method for quantifying plant available water holding capacity and water absorption potential in container media under production conditions. HortScience. 29 : 501.
- Argo, W. R. and J. A. Biernbaum. 1995b. The effect of irrigation method, water-soluble fertilization, preplant nutrient charge, and surface evaporation on early vegetative and growth of poinsettia. J. Amer. Soc. Hort. 120 : 163-169.
- Bates, G. H. 1935. A study of the factors influencing size of potato tubers. J. Agr. 25 : 279-313.
- 배종향, 유성오. 1999. 품종과 재배조건이 여름철 양액재배 반결구 상추의 생육, 품질 및 잎끝마름증 발생에 미치는 영향. 생물환경조절학회지. 8(2) : 83-89.
- Beardsell, D. V., D. G. Nichols, and D. L. Jones. 1979. Water relation of nursery potting media. Scientia Hort. 11 : 9-17.
- Benoit, F. and N. Ceustermans. 1990. The use of recycled polyuretane as on ecological growing medium. Plasticulture 88 : 41-48.
- Bradely, G. A. and A. J. Pratt. 1955. The effect of different combination of soil moisture and nitrogen levels on early plant development and tuber

- set of the potato. Amer. Potato J. 32 : 254-258.
- Chang, J. I. and Park, Y. B. 1992. Study on the soil medium Scoria in nutrient solution culture system of Cherry Tomatoes. Subtrop. Agric. Cheju Nat. Univ. 9 : 59-86.
- Chang, J. I. and Kim, Y. H. 1992. Effect of the flooding height of nutrient solution on the yielding ability of Cherry Tomato used cuttage seedling in scoria medium cultute. Subtrop. Agric. Cheju Nat. Univ. 9 : 43-57.
- 최종명, 안주원, 구자형, 이영복. 1997. 고추의 플러그 육묘시 몇 가지 배양토 재료의 혼합비율이 토양물리성과 묘 생장에 미치는 영향. 한원지. 38(6) : 618-624.
- DeBoodt, M. O. Verdonck and I. Cappaert. 1973. Method for measuring the water release curve of organic substrates. Proc. Symposium Artificial Media in Horticulture. Ghent 1973. 10~13. Srpt : 2054-2062.
- Desmond, D. 1991. Growing in perlite. Grower digest 12. Grower Publications Ltd. UK : 3-5.
- Dole, J. M. and J. C. Cole. 1994. Growth of poinsettias, nutrient leaching, and water-use efficiency respond to irrigation methods. HortScience. 29 : 858-864.
- Doll, E. C., D. R. Christenson, and A. R. Wolcott. 1971. Potato yield as related nitrate levels in petioles and soil. Amer. Potato J. 48 : 105-112.
- Epstein, E. 1966. Effect of soil temperature at different growth stages on growth and development of potato plants. Agron. Jour. 58 : 169-171.
- Evans, M. R., S. Konduru, and R. H. Stemps. 1996. Source variation in physical and chemical properties of cocnut cocopeat dust. Hor. Sci. 31(6) : 965-967.
- Ewing, E. E. 1978. Shoot, stolon and tuber formation on potato(*Solanum tuberosum* L.) cutting in response to photoperiod. Plant Physiol 61 : 348-353.
- Fonteno, W. C., O. K. Cassel, and R. A. Larson. 1981. Physical properties

- of three container media and their effect on poinsettia growth. J. Amer. Soc. Hort. Sic. 106 : 736-741.
- Fox, D. S. 1916. A farm crop survey in New York with especial reference to Potato production unpublished theses. Cornell Univ.
- Goodwin, P. B., A. Brown, J. H. Leonard, and F. L. Nailthorpe. 1969. Effect of stom density of potato production. Agrc. Sci. Camb. 73 : 167-176.
- Gregory, L. E. 1954. Some factors Controlling tuber formation in the potato plant. Ph.D. thesis. Univ. of California. Los Angeles.
- Hammes, P. S., P. C. Nel. 1975. Control mechanisms in the tuberization process. Potato Res 16 : 262-272.
- Haverkort, A. J and P. M. Harris. 1986. Conversation coefficients between interepted sdar radiation and tuber yield of potato crops under tropical highland conditions. Potato Res. 29 : 529-533.
- Jameson, P. E., J. A. McWha, R. M. Haslemore. 1985. Changes in cytokinins during initiation and development of potato tubers. Physiol Plant 63 : 53-57.
- 장동철, 김승열, 조지홍, 김현준, 박천수, 정진철, 신관용, 김인수. 1997. 소과경 생산을 위한 양액재배기술 개발 연구. 고령지농업시험장 시험연구보고서. p.143-148.
- Jarvis, R. H. and G. M. Palmer. 1973. Relationships of seed size, spacing, stem numbers to yield of potato. Expl. Husb. 24 : 29-36.
- Jo. I. S., Hyun, B. K., Cho, H. J. and Jang, Y. S. 1997. Three phases and water characteristics of Horticultural Substrates. J. Kor, Soc. Soil. SCI. Fert. 30(1) : 56-61.
- 조성진 외 10인. 1985. 토양학, 향문사 : 58-169.
- 조재영. 1986. 전작. 향문사 : 389-448.
- Jeon, J. H., Joung, H., Park, S. W., Kim, H. S., Byun, S. M. 1991. Effect of physiological status of potato (*Solanum tuberosum* L.) stems on in

- vitro* tuberization. Korea J Plant Tissue Cult 18 : 133-238.
- John, M. W. and C. K. Wright. 1998. Soil water and root growth. Hortscience. 33 : 951-959.
- Kang, J. K. and Kim, S. Y. 1995. Studies on tuber formation and enlargement of potato(*Solanum tuberosum* L.) in hydroponics. RDA J. Agri. Sci. 37 : 187-199.
- Kang, J. K., Yang, S. Y. and Kim, S. Y. 1996. Effect of nitrogen levels on the plant growth, tuberization and quality of potatoes grown in aeroponics. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 37 : 761-766.
- 고령지농업시험장. 1992. 감자 무병종서생산에 관한 연찬회 발표자료 : 6.
- Karuss, A. 1978. Tuberization and abscisic acid content in *Solanum tuberosum* as affected by nitrogen nutrition. Potato Res. 21 : 183-193.
- Krauss, A. and H. Marschmer. 1982. Influence of nitrogen nutrition daylength and temperature on contents of gibberellic and abscisic acid and on tuberization of potato plants. Potato Res. 25 : 13-21.
- Kim, K. T., Kim, S. B., Ko, S. B. and Park, Y. B. 1997. Effects of minituber picking intervals on the yield and tuber weight of potato grown in aeroponic. RDA J. Hort. Sci. 39(2) : 65-69.
- Kim, K. T., Kim, S. B., Ko, S. B., Kim, K. H. and Jeong, S. K. 1998. Field growth and yield characteristics of mini-tubers potato produced by hydroponics. RDA J. Hort. Sci. 40(1) : 140-144.
- 김승열, 윤영호, 박천수, 장동철. 1999. 양액재배에 의한 씨감자 생산효율증대 시험. 고령지농업시험장 시험연구보고서 : 175-185.
- Kim, H. J., Kim, S. Y., Kang, J. G., Om, Y. H., Kim, J. K. and Choi, K. S. 1996. Effect of methods used for the production of plantlet from shoot cultured in *vitro* on the growth and yield of hydroponically grown potato. RDA J. Agri. Sci. 38(2) : 217-222.
- 김한준, 김승열, 신관용, 김학기, 김화영. 1997. 경삽, 기내소괴경형성, 양액재배에 의한 감자 무병주 생산 방법. 식물조직배양학회지. 제24권 제2호 :

- Kim, H. J., Ryu, S. Y., Choi, K. S., Kim, B. H. and Kim, J. K. 1997. Mass production of seed potato via hydroponic culture. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 38(1) : 24-28.
- 김현준, 김성열, 신관용, 양성지. 1997. 재식밀도와 질소시비수준이 가공용 감자의 중심공동 및 내부갈색반점 발생정도에 미치는 영향. 한원지. 38(3) : 107-110.
- Kim, H. J., Ryu, S. Y., Choi, K. S., Kim, B. H. and Kim, J. K. 1997. Mass production of seed potato via hydroponic culture. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 38 : 24-28.
- Kim, H. J., Kim, K. S., Kim, W. B. and Choi, K. S. 1993. Studies on small seed potato(*Solanum tuberosum* L.) multiplication by hydroponic and its practical use. RDA J. Agri. Sci. 35(1) : 524-529.
- Kim, H. J., Kim, K. S., Kim, W. B., Choi, K. S. 1993. Studies on small seed potato (*Solanum tuberosum* L.) multiplication by hydroponic and its practical use. RDA J Agri Sci 37 : 24-27.
- Kim, S. Y. 2000. Development of supply system and safe production of seed potato. 2000 symposium on improvement of potatoes production in Jeju : 57-75.
- 김유철. 1994. 감자무병종서 및 인공씨감자 생산을 위한 바이러스 검정방법 워크샵 : 3-12.
- Koda, Y., Y. Okazawa. 1983a. Characteristic changes in the levels of endogenous plant formones in relation to the onset of potato tuberization. Japan J. crop Sci 52 : 592-597.
- Koda, Y., Y. Okazawa. 1983b. Influences of environmental, hormonal and nutritional factors on potato tuberization in vitro. Japan J Crop Sci 52 : 582-591.
- Koda, Y., Y. Okazawa. 1988a. Detection of potato tuber-inducing activity in potato leaves and old tubers. Plant Cell Physiol 29 : 967-974.

- Koda, Y., Y. Okazawa. 1988b. Isolation of a specific potato tuber-inducing substance from potato leaves. *Plant Cell Physiol* 29 : 1047-1051.
- Krauss, A. 1978. Tuberization and abscisic acid content in *Solanum tuberosum* as affected by nitrogen nutrition. *Potato Res* 21 : 183-193.
- Lauer, F. I. 1963. Influence of high and low levels of N and K on adventitious bud formation in the potato. *Am. Potato. J.* 40 : 302-307.
- 이균, 정향영, 함영일, 김관수. 1985. 감자 신품종 수미에 대한 재배상 주요 특성에 관한 연구. *한원지* 26(1) : 29-33.
- Lee, B. S., Park, S. G. and Chung, S. J. 1998. Effects of substrates and irrigation methods on the plant growth and fruit yield of hydroponically grown cucumber plants. *J. Bio. Fac. Env.* 7(2) : 151-158.
- 이정식, 류병열. 1996. 유기질 원료로 만든 배양토의 pH, EC 및 물리적성질의 변화와 포인세티아의 성장. *한원지*. 37(6) : 810-814.
- Lee, Y. B., Park, K. W., Roh, M. Y., Chae, E. S., Park, S. H. and Kim, S. H. 1993. Effects of ecologically grown sound substrates on growth and yield of tomato(*Lycopersicon esculentum* Mill.) in bag culture. *Kor, J. Bio. Fac. Env.* 2(1) : 37-45.
- Mangel, K. and E. A. Kirkby. 1978. Principles of plant nutrition. International Potash Institute. p.317.
- Melis, R. J. M., J. V. Staden. 1984. Tuberization and hormones. *Z Pflanzenphysiol Bd* 113 : 271-283.
- Meyer, A., O. Miersch, C. Buttner, W. Dathe and G. Sembdner. 1984. Occurrence of the plant growth regulator jasmonic acid in plant. *J. Plant Growth Regul* 3 : 1-8.
- 농촌진흥청. 1993. 감자재배. 표준영농교본. 31 : 67-107.
- Ojala, J. C., J. C. Stark and G. E. Kleinkopf. 1990. Influence of irrigation and nitrogen management of potato yield and quality. *Am. Potato J.* 67 : 29-43.
- Palmer, C. E. and O. E. Smith. 1969. Cytokinins and tuber initiation in the

- potato(*Solanum tuberosum* L.) Nature 221 : 279-280.
- Papadopouloes, P. A. and H. Tiessen. 1987. Root and air temperature effects on the elemental composition of tomato. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 112(6) : 988-993.
- Park, H. K., Park, M. S., Kim, T. S., Choi, I. L., Jang, Y. S. and Kim G. S. 1994. Cutting propagation of *Eleutherococcus Senticosus* MAXIM. Kor, J. Medicinal Crop Sci. 2(r) : 133-139.
- Poul Karlson. 1997. Roat temperature and stem elongation. Acta, Hort. 435 : 33-45.
- Reed, D. W. 1996. Water, media, and nutrition for greenhouse crops. p. 110-111. Ball Publishing. Illinois.
- Son, K. C., Paek, K. Y., Park, W. K. and Kim, T. J. 2000. Plant growth and wilting of indoor plants, and water content and rehydration of media irrigated by wick as affected by medium composition. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 41(4) : 429-434.
- 손정익, 장진택, 이병일, 1997. 순환경 무토양재배 시스템 양액 및 배지의 열적 특성, 한국생물생산시설환경학회 요지집 6(1) : 59-61.
- 송창훈, 장전익, 박용봉, 1992. 과채류 양액재배 실용화 연구. 농촌진흥청 연구보고서 : 26-60.
- Udagawa, Y., T. Ito and K. Gomi. 1989. Effects of root temperature on some physiological and ecological characteristics of strawberry plants 'Reiko' grown in nutrient solution. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 58(3) : 627-638.
- Ueda, J., J. Kato, H. Yumane, N. Takahashi. 1981. Inhibitory effects of methyl jasmonate and its related compounds on kinetin-induced retardation of oat leaf senescence. Physiol Plant 52 : 305-309.
- Voipio, I. and J. Autio. 1995. Response of red-leaved lettuce to light intensity. UV-A radiation and root-wone temperature. Acta Hort. 399 : 183-187.

- Wang, P. J., C. Y. Hu. 1982. In vitro mass tuberization and virus-free seed potato production in Taiwan. *Am Potato J* 59 : 33-39.
- Wang, Y. H. and S. Tachibana. 1996. Growth and mineral nutrition of cucumber seedlings as affected by elevated air and root-zone temperature. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 64(4) : 845-852.
- Wheeler, R. M. and T. W. Tibbitts. 1986. Utilization of potatoes for life support systems in space, I. Cultivar-photoperiod interaction. *Amer. Potato J.* 63 : 315-323.
- 이상용. 1994. 감자무병종서 및 인공씨감자 생산을 위한 바이러스 검정방법 워크샵 : 58-86.
- Wheeler, R. M., T. W. Tibbitts. 1986. Growth and tuberization of potato (*solanum tuberosum* L.) under continuous light. *Plant Physiol* 80 : 801-804.
- Wheeler, R. M. and T. W. Tibbitts. 1986. Utilization of potatoes for life support systems in space, I. Cultivar-photoperiod interaction. *Amer. potato J.* 63 : 315-323.
- Wheeler, R. M., K. L. Steffen, T. W. Tibbitts and J. P. Palta. 1986. Utilization of potatoes for life support systems. II. The effects of temperature under 24-h and 12-h photoperiods. *Amer. potato J.* 63 : 639-647.
- 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(NFT). *Amer. potato J.* 67 : 177-187.
- Wilson, G. S. 1986. Tomato production in different growing media. *Acta Hort.* 178 : 115-119.
- Wurr, D. C. 1972. Control of tuber size in the seed crop. *EAPR. 5th triennial confernc book.*
- 유연하. 1990. 우리나라 감자 및 종서 생산 현황 및 문제점. 수입개방화에 대응한 우량종서 생산 심포지엄 발표요지 : 9-22.