

수경재배에 의한 고랭지 시금치의 여름철 안정생산 기술 개발

이응호^{1*} · 이종남² · 임주성² · 류승열² · 권영석² · 장석우²

¹국립원예특작과학원 시설원예시험장, ²국립식량과학원 고랭지농업연구센터

Development of Stable Production Technique of Summer Spinach (*Spinacia oleracea* L.) in Soilless Culture in the Highlands

Eung Ho Lee^{1*}, Jong Nam Lee², Ju Sung Im², Seung Yeol Ryu²,
Young Seok Kwon², and Suk Woo Jang²

¹Protected Horticulture Research Station, NIHHS, RDA, Busan 618-800, Korea

²Highland Agriculture Research Center, NICS, RDA, Kangwon, Pyeongchang 232-955, Korea

Abstract. Differences among cultivars, conditions of nutrient solution, nursing materials, and soilless culture systems were investigated to select suitable cultivar and cultivation methods for stable production of summer spinach in the highlands. The 'Quinto' spinach showed the earliest growth and highest yield. For yield increase of summer spinach, optimal solution pH was 6.0, EC was 2.0 dS · m⁻¹, and NH₄-N ratio of nutrient solution was 30 percent. Stand rate of spinach in nursing seedlings, at 200-cell-tray filled with mixed nursing soil (peat : perlite = 7 : 3), was higher than those grown in urethane sponge and rock-wool plug. Yield was also 18 to 24 percent higher than those in rock-wool plug and urethane sponge. Plant length and yield of spinach in mixed substrate (peat : perlite = 7 : 3) filled nutrient film technique (MSNFT) system were longer of 18 percent, and higher of 9 percent than those in deep flow technique (DFT) system, respectively. However, changes of root zone temperature, pH and EC showed similar pattern with DFT. Therefore, growing 'Quinto' cultivar at 6.0 of pH, 2.0 dS · m⁻¹ of EC, 30 percent of NH₄-N ratio, at 200-cell-tray filled with mixed nursing soil, and MSNFT cultivation system, was the best for production of summer spinach in the highlands.

Key words : cultivar, DFT, summer season

서 론

시금치는 고온과 장일에 의하여 꽃눈분화와 추대가 촉진되는 작물로서 평nan지에서는 기온이 높아 여름철 생산이 매우 어렵다. 물론 평nan지의 시설 내에서 각종 냉방 방식을 동원하여 재배한다면, 어느 정도 상품성이 있는 시금치의 생산이 가능하지만 냉방 비용이 과다하게 투입되어 경제성이 없다. 그래서 시금치의 가격은 다른 계절에 비하여 여름철에 더 비싸다. 고랭지에서 여름에 시금치를 재배할 경우 토경재배는 시설비의 투입이 적어 생산비의 절감이 가능하지만 수경재배에 비하여 상품성이 떨어진다. 특히 수출을 위한 재배의 경

우 토경재배는 시금치의 경엽에 흙이 묻어 수입국의 검역에 통과되기가 어렵다. 그래서 경엽의 흙을 제거해야 하는데, 인건비가 과다하게 소요될 뿐 아니라 식물체의 손상이 심하여 감모량도 많아진다. 이와 같은 문제로 인하여 수출용 시금치의 생산을 위해서는 수경재배의 도입이 불가피하다. 그러나 시금치의 수경재배에 대한 연구는 양액의 종류에 따른 시금치의 성장반응(Lee 등, 1992)과 사경재배 시 첨가 배지의 종류에 따른 시금치의 생육과 무기양분 흡수 특성(Yun 등, 1997), 그리고 양액의 용존산소 농도에 따른 시금치의 생육과 무기양분의 흡수 양상(Seo 등, 2002) 등으로 그다지 많지 않고, 대부분 평nan지에서 수행한 연구의 결과이므로 고랭지 여름재배에 적용하기가 부적합하여 보다 세밀한 연구가 요구되고 있다. 따라서 본 연구는 시금치의 수경재배에 필요하다고 생각되는 요인들 즉,

*Corresponding author: leh6565@korea.kr
Received November 16, 2010; Revised March 11, 2011;
Accepted March 18, 2011

적합한 품종의 선정, 적정 육묘 배지, 양액의 조건 등을 밝히고 비용이 적게 드는 재배 시스템을 개발하는데 중점을 두어 수행하였다.

재료 및 방법

본 연구는 2003년 7월 1일부터 2004년 8월 14일 까지 고령지농업연구소에 있는 PE 필름 하우스에서 수행되었다. 시금치 여름재배에 적합한 품종의 선발 시험은 2003년 7월 1일부터 8월 5일까지, 시금치 생육에 적합한 양액 조건의 구명 시험은 2003년 7월 30일부터 9월 5일까지, 시금치 재배에 적합한 수경재배 시스템 개발 시험은 2004년 7월 20일부터 8월 14일 까지 각각 수행되었다. 각 시험에서는 Seo 등(2002)이 이용한 시금치 전용 배양액을 이용하였으며, 시험구 배치는 완전임의배치법으로 하였고, 시험 성적은 SAS 프로그램을 이용하여 분석하였다.

수경재배에 적합한 시금치 품종의 선발을 위하여 2003년 7월 1일부터 8월 5일까지 ‘퀸토’ 등 14 품종(아트라스, 타이타닉, 알미라, 에스에스킹, 파루크, 타이탄, 블랙파워, 나이스, 귀빈, 광채, 카스텔, 무궁화, 만추파루크)의 종자를 PEG 8000 30% 용액에 48시간 동안 침지하였다가 맹물로 씻은 후 200공 규격의 플러그 육묘 판에 배양토(피트모스 7: 펠라이트 3)를 채우고 파종하여 육묘하였다. 육묘기에는 표준 배양액을 물뿌리개로 뿌려주었으며, 본엽이 1매 출현하였을 때 플러그 셀을 가위로 하나씩 잘라 스티로폼 판에 15×15cm 간격으로 구멍을 내어 정식하였다. 수경재배 방식은 폭 60cm, 깊이 20cm의 스티로폼 성형 베드를 이용한 간헐 폭기식 담액 수경으로서 별도의 양액 통을 설치하지 않고, 정식 판을 양액 위에 띄워놓는 부근방식을 이용하였다. 양액 속에는 기포발생기를 넣어 공기 중의 산소를 공급하였는데, 1.5kW 용량의 공기펌프에 타이머스위치를 연결하여 20분간 작동하고 10분간 멈추도록 설정하였다.

시금치 생육에 적합한 양액조건의 구명을 위하여 2003년 7월 30일부터 9월 5일까지 ‘퀸토’ 품종을 이용하여 양액의 pH는 6.0, 6.5, 7.0으로, EC는 1.0, 1.5, 2.0dS·m⁻¹로, NH₄-N의 비율은 10, 20, 30%로 각각 조절하여 시험을 수행하였다. 시험 기간 중 양액의 pH와 EC는 2일 간격으로 측정하여 조정하였다.

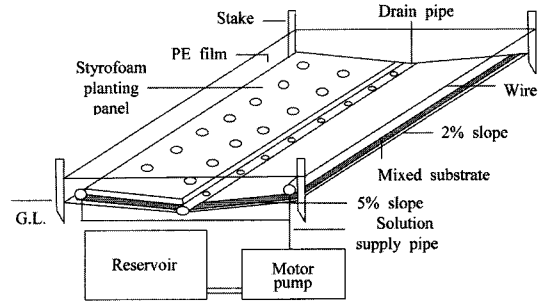


Fig. 1. A schematic diagram of mixed substrate filled nutrient film technique (MSNFT).

그리고 9월 30일부터 11월 10일까지 수경재배에 적합한 육묘 배지의 선발을 위하여 우레탄스펀지, 암면플러그, 그리고 128공과 200공 규격의 플러그 육묘 판에 배양토(피트모스 7: 펠라이트 3)를 채운 후 시금치 종자를 파종하여 각 배지에서의 입모율과 정식 후의 생육을 비교하였다.

2004년 7월 20일부터 8월 14일까지 기존의 DFT 수경 베드를 대조로 하여 새로 제작한 MSNFT(mixed substrate filled nutrient film technique) 베드에 대한 근권부의 온도, 양액의 pH와 EC 변화, 시금치의 생육 등을 비교하였다. 새로 제작한 베드의 형태는 Fig. 1과 같은데, 비닐 위에 피트모스를 1cm 두께로 깔고 15×15cm 간격으로 정식 구멍을 낸 3cm 두께의 스티로폼 판을 올려놓은 후 시금치 묘를 정식하여 재배할 수 있도록 제작하였다.

결 과

시금치 품종별 생육(Table 1)을 보면 ‘퀸토’의 초장과 생체중은 28.6cm와 23.3g으로 다른 품종에 비하여 길거나 무거웠고, 수량도 19,630kg·ha⁻¹로 타 품종보다 많았으며, 적산온도가 1,000°C에 도달한 시점의 추대율도 2.4%로 상당히 안정적인 것으로 나타났다. ‘알미라’ 품종의 초장과 수량은 26cm와 18,470kg·ha⁻¹로 ‘퀸토’에는 뒤지지만 비교적 좋은 생육을 보였다. 그러나 ‘블랙파워’의 수량은 매우 적어서 ‘퀸토’의 55% 수준인 10,780kg·ha⁻¹에 불과하였다. ‘타이탄’의 수량은 17,270kg·ha⁻¹로 중간 정도의 수량을 나타내었지만 초장은 23.5cm로 짧은 편이었다(기타 품종은 생육이 극히 저조하여 성적을 제시하지 않았음).

Table 1. Growth, yield and bolting rate according to spinach cultivars in soilless culture.

Cultivars	Plant length (cm)	Fresh weight (g/plant)	Yield (kg · ha ⁻¹)	Bolting rate ^y (%)
Almira	26.0 b ^z	17.7 b	18,470 b	1.1 c
Titanic	21.6 d	13.1 d	14,410 d	2.3 b
Blackpower	21.3 d	9.8 e	10,780 e	2.4 b
Quinto	28.6 a	23.3 a	19,630 a	2.4 b
Titan	23.5 c	15.7 c	17,270 c	3.2 a

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

^yBolting rate when reached to 1,000°C of accumulated temperature, and length of flower stalk was over 1 cm.

Spinach seedlings were transplanted and harvested on July 11 and Aug. 5, 2003.

Table 2. Growth of spinach as affected by pH of nutrient solution.

Solution pH	Plant length (cm)	No. of leaves	Fresh weight (g/plant)	Yield (kg · ha ⁻¹)
6.0	21.8	13.6	13.8 a	15,180 a ^z
6.5	21.1	13.6	11.3 b	12,430 b
7.0	20.3	12.6	10.9 b	11,990 b

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

Spinach seedlings were transplanted and harvested on Aug. 11 and Sep. 5, 2003.

시금치의 생육은 양액의 pH가 6.0일 때 타 처리에 비하여 좋은 것으로 나타났다(Table 2). 초장과 엽수는 양액의 pH 간에 차이가 없었으나 생체중은 pH 6.0에서 13.8g으로 11.3g과 10.9g을 나타낸 pH 6.5와 7.0에 비하여 각각 18% 이상 무거웠으며, 수량도 pH 6.0에서 15,180kg · ha⁻¹로 12,430kg · ha⁻¹와 11,990kg · ha⁻¹를 나타낸 pH 6.5와 7.0에 비하여 18% 이상 많았다. 양액의 EC에 따른 시금치의 생육(Table 3)을 보면 초장과 엽수는 차이가 없었고, 생체중과 수량은 EC 2.0dS · m⁻¹에서 15.1g과 16,610kg · ha⁻¹로서 13.7g과 15,070kg · ha⁻¹를 나타낸 EC 1.5dS · m⁻¹에서보다 각각 9%씩 무겁거나 많았고, EC 1.5dS · m⁻¹보다는 15% 이상 증가하였다. 한편 양액의 NH₄-N 비율이 30%일 때 생체중은 15.1g으로 14.3g과 14.6g을 나타낸 10%와 20%에 비하여 5%가 무거웠으며, 수량 또한 15,090kg · ha⁻¹로 타 처리에 비하여 많았다(Table 4).

시금치 육묘에 적합한 배지를 선발하기 위하여 입모

Table 3. Effect of nutrient solution EC on growth of spinach.

Solution EC (dS · m ⁻¹)	Plant length (cm)	No. of leaves	Fresh weight (g/plant)	Yield (kg · ha ⁻¹)
1.0	20.7	17.2	12.8 c ^z	14,080 c
1.5	20.2	18.4	13.7 b	15,070 b
2.0	21.1	19.3	15.1 a	16,610 a

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

Spinach seedlings were transplanted and harvested on Aug. 11 and Sep. 5, 2003.

Table 4. Growth and yield of spinach according to NH₄-N ratio of nutrient solution.

NH ₄ -N ratio (%)	Plant length (cm)	No. of leaves	Fresh weight (g/plant)	Yield (kg · ha ⁻¹)
10	25.2	14.3	14.3 b ^z	14,430 b
20	26.6	15.1	14.6 b	14,760 b
30	26.1	15.3	15.1 a	15,090 a

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

Spinach seedlings were transplanted and harvested on Aug. 11 and Sep. 5, 2003.

Table 5. Stand rate of seedlings, growth and yield of spinach as affected by nursing materials.

Nursing material	Stand rate of seedlings (%)	Plant length (cm)	Fresh weight (g/plant)	Yield (kg · ha ⁻¹)
Urethane sponge	63 b ^y	21.3 b	16.4 b	18,040 b
Rock-wool plug	68 b	22.6 b	17.6 b	19,360 b
Mixed nursing soil ^z	86 a	26.6 a	21.5 a	23,650 a

^zPeat : vermiculite : perlite = 3 : 1 : 1.

^yMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

Nursed seedlings were transplanted and harvested on Sep. 30 and Nov. 10, 2003.

육과 생육을 조사한 결과(Table 5) 입모율은 200공 육묘 트레이에 피트모스와 펄라이트를 7:3의 용적비로 혼합한 상토(혼합상토)에서 86%로 타 처리에 비하여 높았으며, 우레탄스펀지와 암면 플러그에서는 63%와 68%로 낮았다. 각각의 배지에서 육묘한 묘를 DFT 시스템에서 재배한 결과 초장은 혼합상토에서 26.6cm로 우레탄스펀지와 암면 플러그에 비하여 15% 이상 길었고, 생체중과 수량도 21.5g과 23,650kg · ha⁻¹

Table 6. Comparison of root zone temperature (°C) between DFT and MSNFT.

Culture system	Days after transplanting					
	0	5	10	15	20	25
DFT	17.5	17.9	19.1	20.1	23.6	24.6
MSNFT ²	17.5	17.8	18.8	20.8	23.2	25.3

²Mixed substrate (peat : perlite = 7 : 3) filled nutrient film technique.

None significant by Duncan's multiple range test at 5% level.

Observed date : every 5 day from July 20 to Aug. 14, 2004.

Table 7. Change of solution pH according to time course.

Culture system	Days after pH adjustment					
	0	1	2	3	4	5
DFT	6.0	6.2	6.2	6.3	6.5	6.6
MSNFT ²	6.0	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5

²Mixed substrate (peat : perlite = 7 : 3) filled nutrient film technique.

None significant by Duncan's multiple range test at 5% level.

Observed date: everyday from July 20 to July 25, 2004.

Table 8. Change of solution EC (dS · m⁻¹) according to time passing.

Culture system	Days after transplanting					
	0	5	10	15	20	25
DFT	2.0	2.23	2.22	2.21	2.22	2.23
MSNFT ²	2.0	2.20	2.18	2.12	2.02	2.02

²Mixed substrate (peat : perlite = 7 : 3) filled nutrient film technique.

None significant by Duncan's multiple range test at 5% level.

Observed date: every 5 day from July 20 to Aug. 14, 2004.

로 18% 이상 무겁거나 많아서 혼합상토에서 육묘한 묘를 이용하여 수경재배 할 경우 수량도 많아진다는 것을 알 수 있었다.

고랭지 시금치 여름재배에 적합한 수경재배 시스템(MSNFT: mixed substrate filled nutrient film technique)을 제작하여 기존의 DFT 방식과 근권온도, 양액의 pH 및 EC의 변화를 조사한 결과 두 방식 간에는 차이가 없는 것으로 나타났다(Table 6, 7, 8).

그러나 시금치의 생육은 MSNFT에서 더 좋아서 엽장 과 엽수는 26.3cm와 17.2매로 22.3cm와 14.2매를 나타낸 DFT에 비하여 15%와 17%씩 각각 길거나 많았다.

Table 9. Growth and yield of spinach as affected by culture system.

Culture system	Plant length (cm)	No. of leaves	Fresh weight (g/plant)	Yield (kg · ha ⁻¹)
DFT	22.3 b ²	14.2 b	24.9 b	24,980 b
MSNFT ²	26.3 a	17.2 a	27.2 a	27,260 a

²Mixed substrate (peat : perlite = 7 : 3) filled nutrient film technique.

²Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

Nursed seedlings were transplanted and harvested on July 20 and Aug. 14, 2004.

생체중과 수량도 MSNFT에서 27.2g과 27,260kg · ha⁻¹로 24.9g과 24,980kg · ha⁻¹을 나타낸 DFT보다 각각 8%씩 무겁거나 많았다(Table 9).

고 찰

여름철에 고랭지에서 14 품종의 시금치를 DFT 방식으로 수경재배한 결과 '퀀토'의 생육이 타 품종에 비하여 좋고 추대도 늦어서 여름재배에 적합한 것으로 나타났다. Yong 등(2004)은 여름철 시금치 생산에 적합한 품종을 선발하기 위하여 여러 품종을 수집하여 토경재배 한 결과 '바이오', '삼손', '킹오브섬머' 등의 품종이 비교적 안정적인 생육을 보인다고 하였다. 이와 같이 각기 다른 품종이 여름재배 적 품종으로 선발된 것은 시험에 사용한 품종이 각기 달랐던 것에 1차적인 원인이 있고, 또 하나는 수경과 토경이라는 재배 방식의 차이에 기인된 것으로 생각된다. 만약 두 시험에 사용된 모든 품종을 이용하여 수경재배를 한다면 '퀀토' 이외에 다른 품종의 생육이 더 좋을 수도 있다는 가능성을 배제할 수는 없다.

고랭지 여름 시금치 재배에 적합한 양액의 pH, EC 및 NH₄-N의 비율은 6.0, 2.0dS · m⁻¹ 및 30%인 것으로 각각 나타났다. Wilihan 등(1977)은 대부분의 채소작물 생육에 적합한 양액의 pH는 6~7 범위라고 하였으나, 블루베리의 생육에 적합한 양액의 pH는 4.2라고 한다(Perterson 등, 1988). 본 시험의 경우 Wilihan 등(1977)이 제시한 범위에 속하는 pH 6.0에서 가장 좋은 생육을 보였으나, Perterson 등(1988)이 제시한 블루베리의 생육에 적합한 pH 4.2와는 현격한 차이가 있다. 본 시험에서 밝혀진 양액의 적정 EC는 2.0dS ·

m⁻¹이다. Zhong과 Koto(1987)는 bell peper의 생육에 적합한 양액의 EC는 2.0dS·m⁻¹라고 하였으나, watercress의 생육에 적합한 EC는 1.0dS·m⁻¹라고 하였다(Yun 등, 2001). 본 시험에서는 시금치 생육에 적합한 양액의 NH₄-N 비율은 30%인 것으로 밝혀졌다. 그러나 생육에 적합한 양액의 NH₄-N 비율 또한 작물에 따라 각기 다르다고 하는데(Peterson 등, 1988; Lee와 Lee, 1991), 이와 같이 작물에 따라 생육에 적합한 양액의 pH, EC 및 NH₄-N의 비율이 각기 다른 것은 작물의 유전적인 특성에 기인된 것으로 생각된다.

시금치 육묘 배지별 입모율은 혼합상토(피트모스 7: 펠라이트 3)에서 86%로 가장 높았고, 정식 후의 수량도 암면 플러그나 우레탄스펀지에서 육묘하여 재배한 경우보다 18~24% 많았다. Lee 등(1999)에 의하면 azalea의 생육은 혼탄, 팽화왕겨, 펠라이트 및 피트모스를 2:3:3:2의 용적비로 혼합하였을 때 생육이 좋다고 하며, oriental lily는 펠라이트와 피트모스를 1:1의 용적비로 혼합한 배양토에서 생육이 좋다(Kim 등, 1999)고 하였다. 이와 같이 작물에 따라 생육에 적합한 배양토의 종류 또한 각기 다르게 나타나는데, 이 또한 작물의 특성에 기인된 것으로 생각된다.

시금치의 초장은 베드 저면에 피트모스와 펠라이트를 7:3의 비율로 혼합하여 1cm 두께로 채운 MSNFT에서 26.3cm로 DFT에 비하여 18% 길었고, 수량은 27,260kg·ha⁻¹로 9% 많았다. Sweet pepper의 수량은 혼탄과 펠라이트를 1:1의 비율로 혼합한 경우 수량이 증가하였고(Kim 등, 1997), 오이에서는 버미큘라이트, 펠라이트 및 피트모스를 1:1:1의 비율로 혼합한 배지에서 초장, 엽수, 생체중 및 건물중이 증가하고 상품과 수량도 증가하였다(Lee 등, 1996)고 한다. 반면에 토마토는 펠라이트 단용 배지에서 과중 및 수량이 증가하였다(Chung 등, 1996)고 하여 작물에 따라 적정 배지의 조건이 다르다는 것을 알 수 있다. 그러나 작물의 생육은 배지의 조건이 중요하기는 하지만 급액량과 간격이 달라짐에 의해서도 큰 차이를 보일 것으로 생각된다. Lee 등(1994)은 여름철 토마토의 안정생산을 위하여 본 시험의 MSNFT 시스템과 유사한 방법으로 NFT 베드에 암면을 채우고 토마토를 재배하면 정상적인 수량을 유지할 수 있다고 하였다. 결국 생육을 극대화하기에 가장 적합한 배지의 조건은 작물에

따라 달라지는 것은 물론, 급액 방법에 따라서도 달라지는 것이 거의 확실시 된다는 사실을 여러 보고를 통해 확인할 수 있다.

결론적으로 본 시험에서는 피트모스와 펠라이트를 7:3의 비율로 혼합한 배지에서 시금치를 육묘하고, 이 배지를 베드 저면에 1cm 두께로 채운 MSNFT 방식으로 수경재배를 하면 안정적인 생산성을 유지할 수 있다는 것을 밝힘과 아울러, 수경재배에 적합한 양액의 pH, EC 및 NH₄-N의 비율은 각각 6.0, 2.0dS·m⁻¹ 및 30%임을 제시하여 고랭지에서 여름철 시금치 안정생산을 위한 기틀을 마련하였다고 생각한다.

적 요

고랭지 시금치의 여름철 수경재배에 적합한 품종과 육묘 배지의 선발, 적정 양액조건의 구명 및 시설비가 적게 들고 생산성이 높은 수경재배 방식의 개발을 위하여 본 연구를 수행하였다. 고랭지에서 여름철 수경재배에 적합한 시금치 품종은 ‘컨토’로 다른 품종에 비하여 생육이 좋고 수량도 많았다. 시금치의 생육에 적합한 양액의 조건은 pH 6.0, EC 2.0dS·m⁻¹ 및 NH₄-N의 비율은 30%이었다. 육묘용으로 피트모스와 펠라이트를 7:3의 용적비로 혼합한 상토를 200공트 레이에 채우고 시금치 종자를 파종하여 육묘한 경우 우레탄스펀지나 암면 플러그에서 육묘한 것보다 입모율이 높았다. 이렇게 육묘한 묘로 수경재배를 한 결과 혼합상토로 육묘한 경우의 수량은 암면 및 우레탄스펀지에 비하여 18% 및 24%가 증가하였다. 토양 위에 비닐을 깔아 만든 박막재배 베드에 1cm 두께로 혼합배지(피트 : 펠라이트 = 7:3)를 채운 후 스티로폼 정식판을 올려놓고 시금치를 재배할 경우 담액재배에 비하여 초장은 18% 길었고 수량은 9% 증가하였으며, 근권 온도, pH 및 EC는 담액재배와 비슷한 양상으로 변화하였다.

주제어 : 담액수경, 여름, 품종

사 사

본 논문은 농촌진흥청에서 지원한 “고랭지 채소 안정생산 기술 개발” 연구의 일부 결과로 작성하였음.

인 용 문 헌

1. Chung S.J., B.S. Seo, B.S. Lee, and J.H. Lee. 1996. Development of nutriculture system for fruit vegetables using perlite and its mixtures with other substrates. . Effects of substrates on the growth and fruit quality of hydroponically grown tomato. J. Bio-Env. Con. 5(1):7-14 (in Korean).
2. Kim, C.S., J.M. Kim, J. Ryu, H.K. Kim, Y.K. Choi, and H.J. Kim. 1999. Selection of optimal medium for acclimation cultivar in Liliun oriental hybrid 'Casablanca' bulblets regenerated in vitro. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 17(SUPPL.):248 (in Korean).
3. Kim, G.J., S.W. Ra, I.S. Woo, Y.S. Kang, I.B. Hur, and J.H. Kim. 1977. Effect of medium materials on growth and yield of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) in long term bag-culture. J. Bio-Env. Con. 6(2):80-85 (in Korean).
4. Lee, B.S., B.S. Seo, and S.J. Chung. 1992. Growth responses of spinach, leaf mustard and broccoli as affected by the different nutrient solution in NFT system. Kor. J. Hort. Sci. 10(2):102-203 (in Korean).
5. Lee, E.H. and B.Y. Lee. 1991. The development of hydroponic system for *Oenanthe stolonifera* DC. I. Influence of varied conditions of nutrient solution on mineral uptake and growth. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 32(1):29-42 (in Korean).
6. Lee, E.H., J.W. Lee, and J.S. Kwon. 1994. Effect of MNFT on growth and yield of tomatoes in hot summer season. Agr. Sci. Hort. RDA. 36(3):383-387 (in Korean).
7. Lee, E.H., J.W. Lee, J.S. Kwon, Y.I. Nam, and I.H. Cho. 1996. Effect of substrates on growth and yield of hydroponically grown cucumber in bag culture. J. Bio-Env. Con. 5(1):15-22 (in Korean).
8. Lee, K.S., B.S. Yoo, W.H. Kim, E.K. Lee, and Y.N. Oh. 1999. Selection of optimum media in subirrigation culture of pot azalea. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 17(SUPPL.):251 (in Korean).
9. Peterson, L.A., E.J. Stang, and M.N. Dana. 1988. Blueberry response to NH₄-N and NO₃-N. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 113(1):9-12.
10. Seo, T.C., Y.C. Kim, J.W. Lee, H.K. Yun, and K.Y. Kim. 2002. The effect of dissolved oxygen concentration on the growth and nutrient uptake of spinach and lettuce grown hydroponically in summer season. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 43(4):421-424 (in Korean).
11. Wilihan, E.F., R.G. Sharpless, and W.L. Printy. 1977. Effect of pH on yield and leaf composition of hydrponic tomato. Hortscience 12(3):316-317.
12. Young, Y.R., M.K. Jung, M.L. Lee, S.J. Hong, and C.H. Chun. 2004. Growth and yield response between direct seedling and transplanting in summer cultivation of spinach in alpine area. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 22(3):278-282 (in Korean).
13. Yun, H.K., I.S. Kim, and K.C. Yoo. 1997. Effect of substrates growth and nutrient absorption character of shanghai pak choi, garland chrysanthemum and spinach in sandponics. Kor. J. Hort. Sci. 15(1):209-210 (in Korean).
14. Yun, T., C.H. Lee, H.H. Kim, J.S. Yun, I.H. Kim, and E.U. Hong. 2001. Selection of optimum EC in watercress hydroponics of summer season. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 19(SUPPL.):49 (in Korean).