

광원 조사기간이 상추생육에 미치는 영향

김동억¹ · 김봉수² · 김현배³ · 윤용철⁴ · 김치호⁵ · 김현태^{5*}

¹농촌진흥청, ²(주)파루스 기술연구소, ³포스코건설, ⁴경상대학교 지역환경기반공학과(농업생명과학연구원),

⁵경상대학교 생물산업기계공학과(농업생명과학연구원)

Effects of irradiation periods on the Lettuce Growth

Dong-eok Kim¹, Bong-soo Kim², Hyun-bae Kim³, Yong-cheol Yoon⁴, Chi-ho Kim⁵, Hyeon-tae Kim^{5*}

¹Rural Development Administration

²Dept. of Research and Development., PARUS, Cheonan, Korea

³Dept. of Future Core Technology Research Group., POSCO Engineering & Construction, Songdo, Korea

⁴Dept. of Agricultural Eng., Gyeongsang National Univ. (Institute of Agriculture and Life Science), Jinju 660-701, Korea

⁵Dept. of Bio-Industrial Machinery Eng., Gyeongsang National Univ. (Institute of Agriculture and Life Science), Jinju 660-701, Korea

Received on 30 July 2012, revised on 10 December 2012, accepted on 11 December 2012

Abstract : The objective of this study is to observe growth pattern of grand rapids(lettuce) according to different experimental conditions for minimizing its growth period such as composition of nutrient, irradiation time of light source and cultivation mode.

The culture of water spray type using seeds of grand rapids was performed during growth period of total 50 days. Experimental conditions consist of five compositions of nutrient (PW 0.5 mS/cm, PW 1.0 mS/cm, PY 0.5 mS/cm, PY 1.0 mS/cm, PW 2.0 mS/cm) and three irradiation times of light source (12h(on) / 12h(off), 18h(on) / 06h(off), 24h(on) / 00h(off)). Illumination was adjusted to ratio of 7:1:1 of red, blue and white color, respectively. Indoor environmental condition for cultivating grand rapids is as follows: temperature (19-22°C), relative humidity (60-70%) and carbon dioxide (1,000-1,200 ppm). The data were obtained from five iteration tests.

The maximum growth level was observed in the experimental condition of 18 hr(on) / 06 hr(off) and PY 1 mS/cm for 1st week of cultivation period, 24 hr(on) / 00 hr(off) and PY 1mS/cm for 2nd week of cultivation period, and 24 hr(on) / 00hr(off) and PW 1 mS/cm for 3rd week of cultivation period, respectively. On the contrary, the minimum growth level was observed in the experimental condition of 18 hr(on) / 06 hr(off) and PW 0.5 mS/cm for 1st week of cultivation period, 12 hr(on) / 12 hr(off) and PW 0.5 mS/cm for 2nd week of cultivation period, and 12 hr(on) / 12 hr(off) and PY 0.5 mS/cm for 3rd week of cultivation period, respectively. Based on the results obtained from this study, it is concluded that the growth level of grand rapids varied with different irradiation time of light source and composition ratio of nutrient according to cultivation period.

Key words : Irradiation time, Grand Rapids(Lettuce), Light source, Nutrient solution composition, Cultivation period

I. 서론

상추는 재배역사가 오래 되었으며 신선채소로서 차지하는 비중이 매우 크다. 재배는 도시근교 농업형태로 하우스에 의한 토양재배가 주를 이루어 왔으나, 최근 들어 소비자들이 저공해 청정채소에 대한 수요가 증가됨에 따라 수경재배 상추에 대한 선호도가 높아 소비량과 재배면적이 증

가 추세에 있다. 우리나라 수경재배 면적 중에서 상추가 차지하는 비중이 50%로 타 채소에 비하여 상대적으로 높은 편에 속한다. 수경재배에서 생산되는 상추는 잎이 흠이나 농약 및 기타 물질에 오염되지 않고 상처가 나지 않아 상품성이 매우 높다(Ryoo, 2009).

이중에서도 잎상추의 수요가 주를 이루는데, 2006년 기준 5,628 ha에서 160,284톤이 생산되었고, 결구상추는 848 ha에서 23,305톤이 생산되고 있다. 미국과 일본은 일반 결구상추, 유럽은 버터헤드인 결구상추가 주류를 이루

*Corresponding author: Tel: +82-55-772-1896

E-mail address: bioani@gnu.ac.kr

Table 1. Nutrient composition (PW-A/B).

(Unit : %)

Types	PW-A							PW-B			
	Item	T-N	H ₃ PO ₄	K ₂ O	MgO	Mg	B	Fe	Zn	N	Ca
Compost		10	8	25	1	0.05	0.1	0.05	0.01	10	22
Leachate											

Table 2. Nutrient composition (PY-A/B).

(Unit : %)

Types	PY-A					PY-B						
	Item	KNO ₃	Ca(NO ₃) ₂ · 4H ₂ O	FeEDTA	KNO ₃	MgSO ₄ · 7H ₂ O	NH ₄ H ₂ PO ₄	H ₃ BO ₃	MnSO ₄ · 4H ₂ O	ZnSO ₄ · 7H ₂ O	CuSO ₄ · 5H ₂ O	Na ₂ MoO ₄ · 2H ₂ O
Compost		0.24103	0.2816	0.01909	0.24103	0.14677	0.06801	0.00143	0.00086	0.00011	0.00005	0.00001
Leachate												

고 있다. 이에 비해, 우리나라는 잎 상추가 주를 이루고 있는데, 이는 전통적인 채소류를 고기와 싸서 먹는 쌈 문화와 무관하지 않다(Rural Development Administration, 2007). 이러한 상추의 생산을 보다 효율적으로 행하기 위해서 최근에는 식물공장 등의 형태로 자동화 및 무인재배 시스템이 가능하게 되었다. 식물공장은 유럽과 미주 등지에서 시작되어 최근에는 일본에서도 많은 관심을 가지고 연구와 실용화가 이루어지고 있다.

현재의 식물공장에서 작물의 생육에 영향을 미치는 변수로는 온·습도, 이산화탄소, 광원, 양액 및 풍속 등이 있다. 그 가운데, 광원으로는 고압나트륨등, 메탈할라이드등 및 형광등 등이 사용되고 있으며, 이들 인공광원들은 광량과 광질이 서로 다르기 때문에 그 파장의 종류에 따라 식물생육이 달라진다. 따라서 최근에는 광원과 식물생육에 대한 연구가 활발히 진행되고 있는 실정이다. 또한 현재 작물별 최적 양액공급 조건에 대한 연구도 활발히 진행되고 있지만, 성분조성 등이 명확하지 않아 재배 시 자체적으로 조성 조건을 만들어서 사용하는 경우가 많다.

식물공장에 필요한 액비를 구입하는 데 있어서는 과거에 비하여 손쉬워졌으며 가격 또한 저렴하여 많은 수경재배에서 사용되어 지고 있지만 특정작물을 위한 재배 시 필요로 하는 원소의 추가가 어렵다는 데에 그 한계가 있다. 또한, 고체분말양액의 경우 양액 추가 및 보정 시마다 물에 희석하여 사용해야 한다는 사용의 불편함 역시 대두되고 있다. 그에 따라, 현재 많은 수경재배 양액으로 아마자키 등 특정작물을 재배하기 위한 원소를 직접 추가·제조가 가능하고 원하는 양만큼의 양액을 투여할 수 있는 형태의 액비들이 각광 받고 있지만, 투여량 및 기준이 명확하지 않다.

따라서, 본 연구에서는 완전제어 식물공장형 재배방식에서 청축면 상추에 대한 최적의 광원 조사시간을 구명하고자 한다.

II. 재료 및 방법

1. 실험재료

본 실험에 이용한 공시 액비는 1)PW와 2)PY를 사용하였다. PW는 작물이 흡수하기 쉬운 수용성성분으로 이루어진 양액재배전용 복합비료로서 작물별로 배합비율을 달리하여 양액재배용 배양액을 손쉽게 만들 수 있으며, 식물생장 상태에 따라 필요한 성분을 구분지어 투여할 수 있다. PY는 분말 또는 입자 모양의 비료를 희석하여 액상으로 투여할 수 있는 복합비료로서 작물 별로 다량 원소 배합비율을 달리하여 적용할 수 있어 수경재배에 많이 사용되고 있다.

PW와 PY모두 양액을 제조하는데 있어서 A액과 B액으로 나뉜 이유는 시료 중 Ca source와 P source가 함께 있으면 침전하여 양분이 불용화 되기 때문이다. 그리고 액비의 구성비를 100%를 기준으로 보았을 때, 표기된 시료의 합을 뺀 나머지는 H₂O로 구성되었다. PY와 PW의 공시 액비 이화학적 특성은 Table 1, 2와 같다.

2. 실험 방법

본 실험은 인천광역시 연수구 송도동 소재에 컨테이너형

- 1) 조비의 원더그로를 PW라 조작적 정의를 내린다.
- 2) 아마자키 배양액 조성비를 기초로 파루스에서 제작한 양액을 PY라 조작적 정의를 내린다.

Table 3. Experimental design.

Item	Nutrient composition				
	PW		PY		
	0.5 mS/cm	1.0 mS/cm	0.5 mS/cm	1.0 mS/cm	2.0 mS/cm
12h(on) / 12h(off)	Test 1	Test 4	Test 7	Test 10	Test 13
18h(on) / 06h(off)	Test 2	Test 5	Test 8	Test 11	Test 14
24h(on) / 00h(off)	Test 3	Test 6	Test 9	Test 12	Test 15

완전 제어 식물공장 시스템을 설치하여 실험하였다. 공시 작물은 물에 2시간 불린 종자인 청축면(*Lactuca sativa* L.) 품종을 우레탄 스펀지에 2립씩 2011년 03월 07일에 파종하여 2주간 발아 후 튼튼한 육묘를 위하여 14일 후에 생육장치에 정식하였다. 실험에 사용하기 위한 본엽 6~7매를 얻기 위하여 2주간 더 육묘하였고 2011년 04월 04일자로 본격적인 실험을 수행하였다.

실험 설치는 가로 × 세로가 1195 mm × 840 mm인 트레이에 총 48주의 작물을 정식하였고, 재식거리는 가로 × 세로가 160 mm × 155 mm이었다. 또한, 포트는 수경재배에 사용되는 식물재배포트인 Hydroponics pot를 사용하였다. 규격은 폭 6 cm, 높이 6 cm, 턱 0.9 cm로 제작된 포트를 사용하였다. 포트 안에는 하이드로 볼(Hydro ball)을 약 18 cm의 높이로 넣어주었는데, 이는 하이드로 볼은 가볍고 통기성이 좋아 수분의 흡배출 능력이 탁월하여 수경재배 시 뿌리의 활착에 지장을 주지 않으며 수질정화효과까지 있기 때문이다. 이러한 Hydroponics pot에 하이드로 볼(Hydro ball)을 넣고 그 위에 솜아내기가 완료된 작물을 정식한 후 마지막으로 반사지를 씌움으로써, 수분의 증발을 최소화시킬 수 있을 뿐만 아니라 난반사를 이용하여 빛이 닿지 않는 곳까지의 조사되는 효과를 높이도록 하였다. 또한, 실험에 비교를 위한 대조구에는 새싹재배단을 활용하여 썩지 않는 상토를 이용한 토경재배가 이루어졌다.

양액탱크의 용량은 60 L이며, 양액의 공급방식은 펌프 및 노즐을 이용하여 분무경(Aeroponics)방식으로 공급하여 주었다. 분무경 방식은 뿌리를 양액이나 고형배지에 두지 않고 베드내의 공기 중에 매달아 양액분무(Nutrient mist)로 젖어 있게 하여 식물을 재배하는 기술을 말하며, 공기경이라고도 부른다. 분무경 방식은 작물의 뿌리 호흡이 원활하게 수행될 수 있도록 근권을 공기에 노출시켜 대기에 접촉한 상태로 양액을 분무·공급함으로써 산소가 충분히 공급된다. 타이머와 펌프의 부대 장치를 설치하여 분무시간 및 간격을 조절할 수 있다는 이점 등으로 수경재배

에서는 주로 에어로포닉 방식이 사용되고 있다. 따라서 본 실험에서도 분무경 방식을 사용하여 양액급액 제어시간을 180 sec(on) / 180 sec(off)로 설정하여 주었는데, 이는 180 sec(on)으로 양액분무가 충분히 뿌리에 닿을 수 있는 시간을 주며 180 sec(off)으로 베드 내 분무된 양액이 양액통까지 다시 드레인(Drain)될 수 있는 시간을 주기 위함이었다.

그리고 분무된 배양액의 농도는 pH 5.5-6.5의 범위 안에 들 수 있도록 주 1회 보정하여주었다. 주 1회 보정 시, 양액 통에 추가된 물만큼의 양액을 투여하여 주었고, 새로 추가된 양액이 잘 섞일 수 있도록 약 1시간 동안 양액을 분무시켜준 다음 pH를 재 측정하여 pH 5.5-6.5의 범위 내에 들지 않을 경우 pH보정용액을 사용하여 보정시켜 주었다.

이때 pH 증가용액으로 KHCO₃ 4%용액을, pH 감소용액으로 HNO₃를 제조하였지만 본 실험에서는 pH Up용액 KHCO₃ 4%용액을 한 차례 사용으로 양액보정이 있었다. Table 3은 배양액과 광 조사시간을 변수로 한 실험 설계이다.

3. 환경조건

광원은 (주)파루스 PGL-BOX(100 Watt)를 사용하였으며, 적(660 nm) : 청(450 nm) : 백(660 nm)비율이 7:1:1인 광원의 LED조명이 사용되었다. 광량은 Light intensity Level 10을 기준으로 하여 LED등과 재배단간격 20 cm기준으로 평균 광량 150 μmol/m²/s를 확인 할 수 있었다. 엽채류 식물이 요구하는 PPF의 광보상점이 1500 μmol/m²/s임을 고려한다면 생장에 필요한 충분한 광량이라 할 수 있다.

생육환경 조건으로는 밀폐된 내부의 온도를 냉난방이 자동 제어되는 시스템 에어컨을 활용하여 22±2°C가 유지되도록 제어하며, 습도 조절이 자동으로 이루어지는 습도 발생장치를 설치하여 내부 습도를 70-80% 유지할 수 있도록 하였다. 이산화탄소 농도는 1100-1200 ppm을 유지할 수

있도록 자동 제어 센서가 부착된 제어 장치와 2차 감압장치가 내장된 레귤레이터를 활용하였다.

4. 조사내용

측정 항목은 생체중, 지상부무게, 지하부무게, 엽수, 엽장, 엽폭 등을 측정하였다. 일주일 간격으로 수확한 청측면의 생체중과 지하부 무게 등을 알기 위하여 정밀전자저울(CAS-320g)을 사용하였다. pH측정은 Intelligent meter Ph/mV meter model-pH Electrodes/Atc Probe for pH (pH온도기)를 사용하였고, EC(Electronic Conductivity: mS/cm)는 Intelligent meter model-Conductivity Probe를 사용하였다. 그리고 Hanna Instruments의 휴대용의 pH/EC측정기를 보조 측정 장치로 대비하였다. 상추 생육 측정은 처리구당 5회 반복으로 수확마다 임의적으로 5개체를 선정하여 조사하였다.

III. 결과 및 고찰

총 재배기간은 2011년 3월 7일 파종을 시작으로 하여 4월 26일까지 50일간 진행되었다. 이후 지속적인 생장이 예상되어졌으나 포기수확을 기준으로 하였을 때, 작물의 초장이 LED광원과 식물체가 정식되어진 bed간의 거리를 초

과하여 더 이상 생육이 어렵고, 각 조건 별 평균 엽장 중 최대치가 4월 26일자로 446.6 mm로 측정되어 보통 싹 채소로서 선호 되어지는 엽장인 200 mm를 훨씬 웃돌아 더 이상 생육하였을 경우 상품으로써의 가치가 없어질 것으로 판단되어져 실험을 종료하였다.

생물중량을 기준으로 하여 각각의 생육을 관찰하였을 때, 총 17가지의 조건 중 특정 조건에서의 꾸준한 생육적 우위가 관찰되리라는 예상과는 달리 생육이 진행되면서 생육기간별로 최대 생육치와 최소 생육치 모두 다른 조건들에서 측정되었다.

1. 정식 후 8일의 생육특성

정식 후 8일에 상추에 있어 가장 중요한 수량구성 요소인 엽수, 엽장, 엽폭 등의 조사항목별 생육 특성은 Table 4에서와 같다. 상추의 엽장은 양액조성 PY 1 mS/cm과 광원 조사시간 18hr(on) / 06hr(off)에서 239.2 mm로 가장 높게 나타났다. 엽폭과 엽수 역시 마찬가지로 양액조성 PY 1 mS/cm과 광원 조사시간 18hr(on) / 06hr(off)에서 가장 우수하게 나왔다. 엽폭의 경우 가장 작은 수치를 기록한 대조구로 처리된 상토 12hr(on) / 12hr(off)의 100 mm보다 73.2 mm가 높았고, 엽수의 경우에는 대조구 상토 12 hr(on) / 12 hr(off)가 평균 9.25매인데 비해 평균 15.4매

Table 4. Growth characteristics of a hydroponically grown leaf lettuce by different mixtures of nutrient solution and the duration of LED at 8 days after transplanting.

Lighting time cycle	Treatment	PY 2 mS/cm	PY 1 mS/cm	PY 0.5 mS/cm	PW 1 mS/cm	PW 0.5 mS/cm	Bed soil
12hr(on)/ 12hr(off)	subterranean part (g/ea)	13.4	7.6	10.8	7.6	4.2	4.2
	leaf length (mm)	181.8	204.8	221.2	228.6	200.8	193.5
	leaf width (mm)	134.4	141.6	126.4	131	135	100
	Leaf number (ea)	12	12.6	12.4	12	13.4	10.25
18hr(on)/ 06hr(off)	subterranean part (g/ea)	13.6	13.8	12.8	12.8	4.8	4.8
	leaf length (mm)	171.3	239.2	207.9	222.8	214.2	214.2
	leaf width (mm)	125.9	173.2	136.9	150.4	118.6	118.6
	Leaf number (ea)	11.8	15.4	14.2	11.4	12.6	12.6
24hr(on)/ 00hr(off)	subterranean part (g/ea)	13	12.6	15.4	11.4	12.6	13
	leaf length (mm)	163.5	182.5	185.4	194.1	186.6	191.5
	leaf width (mm)	148.7	156.5	144	134.6	131.4	121.5
	Leaf number (ea)	12.8	12.6	13.6	12.8	12.6	9.25

로 높은 수치를 보였다.

2. 정식 후 15일의 생육특성

정식 후 15일 조사항목별 상추의 생육특성은 Table 5와 같다. 식물의 양분흡수는 근권부의 뿌리 활력에 의해 좌우 되는데 상추 지하부 평균무게는 양액조성 PY 1 mS/cm과 광원 조사시간 24 hr(on) / 00 hr(off)에서 14.8 g으로, 가장 낮은 지하부 무게로 7.6 g인 양액조성 PY 0.5 mS/cm과 광원 조사시간 12 hr(on) / 12 hr(off)의 약 2배 가량의 높은 수치를 보였다. 이어서 엽장의 경우에는 양액조성 PW 1 mS / cm과 광원 조사시간 18 hr(on) / 06 hr(off)의 조건에서 286.8 mm로 가장 높은 값을 보였고, 엽폭과 엽수는 정식 8일차와 마찬가지로 양액조성 PY 1 mS/cm과 광원 조사시간 18 hr(on) / 06 hr(off)의 조건이 가장 우수한 조건을 나타내었다.

3. 정식 후 22일의 생육특성

정식 22일차에 접어들었을 때, 육안으로 보기에 각 조건들 마다의 생육결과를 확인할 수 있었다. 실제로도 많은 차이를 보였는데, 지하부 무게의 경우, 가장 낮은 수치를 기록한 양액조성 PY 2 mS/cm의 광원 조사시간 12 hr(on)

/ 12 hr(off)가 28.8 g였는데 반해, 정식 15일차와 마찬가지로 양액조성 PY 1 mS/cm의 광원 조사시간 24 hr(on) / 00 hr(off)의 조건에서 53.8 g으로 약2배 가량의 성장을 보여주었다.

엽장은 PW 0.5 mS/cm의 18 hr(on) / 06 hr(off)의 조건에서 446.6 mm로 정식 15일차의 가장 높은 평균 수치를 보인 286.8 mm보다 159.8 mm의 높은 수치를 나타내었다. 엽폭의 경우 정식 8일차, 15일차와는 다르게 양액조성 PY 2 mS/cm과 광원 조사시간 24 hr(on) / 00 hr(off)에서 농촌진흥청 원예연구소의 원예시험연구보고서(Rural Development Administration, 2003)의 자료인 상추의 최대 잎의 크기인 239-268mm의 범주내로든 244 mm로서 최적의 성장량을 보였다고 할 수 있다. 엽수의 경우에는 양액조성 PW 0.5 mS/cm과 광원 조사시간 24hr(on) / 00hr(off)에서 28.4매로 가장 많이 측정되었다. 생육 22일차의 자세한 생육특성은 Table 6과 같다.

정식 1주차의 최대 생육치는 광원 조사시간 18 hr(on) / 06 hr(off), 양액 PY 1 mS/cm에서, 최소 생육치는 광원 조사시간 18 hr(on) / 06 hr(off), 양액 PW 0.5 mS/cm에서 관찰되어졌으며, 정식 2주차의 최대 생육치는 광원 조사시간 24 hr(on) / 00 hr(off), 양액 PY 1 mS/cm에서, 최소 생육치는 광원 조사시간 12 hr(on) / 12 hr(off), 양액 PW 0.5 mS/cm에서, 정식 3주차의 최대 생육치는 광원 조사시

Table 5. Growth characteristics of a hydroponically grown leaf lettuce by different mixtures of nutrient solution and the duration of LED at 15 days after transplanting.

Lighting time cycle	Treatment	PY 2 mS/cm	PY 1 mS/cm	PY 0.5 mS/cm	PW 1 mS/cm	PW 0.5 mS/cm	Bed soil
12hr(on)/ 12hr(off)	subterranean part (g/ea)	11.2	11	7.6	7.6	3.4	10.1
	leaf length (mm)	244.3	268.8	242	222	246	230
	leaf width (mm)	179.4	176.2	152	153	140.2	105.25
	Leaf number (ea)	20	19	16.2	17.1	16.8	14.25
18hr(on)/ 06hr(off)	subterranean part (g/ea)	12.6	8.7	10	8.4	8.8	8.2
	leaf length (mm)	271.7	277.3	237.4	286.8	253.2	253.1
	leaf width (mm)	209.8	192.3	169.4	207.2	156.6	156.4
	Leaf number (ea)	18.8	18.67	20	20	19	18
24hr(on)/ 00hr(off)	subterranean part (g/ea)	19	14.8	10	12.4	12.8	16
	leaf length (mm)	246.2	277.3	220.4	286.8	239.6	258.75
	leaf width (mm)	195.3	222.6	169.2	180.4	188	171.5
	Leaf number (ea)	18.2	21.2	19.8	20.6	19.8	12.75

Table 6. Growth characteristics of a hydroponically grown leaf lettuce by different mixtures of nutrient solution and the duration of LED at 22 days after transplanting.

Lighting time cycle	Treatment	PY 2 mS/cm	PY 1 mS/cm	PY 0.5 mS/cm	PW 1 mS/cm	PW 0.5 mS/cm	Bed soil
12hr(on)/ 12hr(off)	subterranean part (g/ea)	28.8	39.2	33.2	32.1	30.6	25.0
	leaf length (mm)	305.7	264.4	234.9	222	260.4	248
	leaf width (mm)	202.4	162.4	149.4	153	151	114.9
	Leaf number (ea)	24	21.4	19.6	17.1	21.4	16.3
18hr(on)/ 06hr(off)	subterranean part (g/ea)	30.2	45.6	35.2	35	41	35
	leaf length (mm)	322.6	307.6	446.6	281	279.6	269.6
	leaf width (mm)	221.8	219.2	162.4	188.6	174.4	154.4
	Leaf number (ea)	24.2	24.6	22	25	27	23
24hr(on)/ 00hr(off)	subterranean part (g/ea)	39	53.8	48.8	48	46.8	45
	leaf length (mm)	275.8	265.7	225	280.8	247.8	270
	leaf width (mm)	224	202.5	175.3	125.2	146	185.5
	Leaf number (ea)	22.8	23.8	22.6	25.6	28.4	16.3

Table 7. Fresh weight of hydroponically grown leaf lettuce by different mixtures of nutrient solution and the duration of LED at 8, 15, and 22 days after transplanting.

Days	Lighting time cycle	PW		PY		
		0.5 mS/cm	1.0 mS/cm	0.5 mS/cm	1.0 mS/cm	2.0 mS/cm
8days Fresh Wt. (g/plant)	12h(on) / 12h(off)	33	33	28.4	31	30.4
	18h(on) / 06h(off)	23.6	41.4	39.6	55.6	33.8
	24h(on) / 00h(off)	34	32.6	40.4	41	41.4
15days Fresh Wt. (g/plant)	12h(on) / 12h(off)	41	41	50.8	80.6	79.4
	18h(on) / 06h(off)	71	104.6	74	111	111.6
	24h(on) / 00h(off)	88.4	95	77	130.8	127
22days Fresh Wt. (g/plant)	12h(on) / 12h(off)	112	114	91	98.6	163.6
	18h(on) / 06h(off)	177.8	182.4	111.2	218.6	212.4
	24h(on) / 00h(off)	170	235	116	203	210.4

간 24 hr(on) / 00 hr(off), 양액 PW 1 mS/cm에서, 최소생육치는 광원 조사시간 12hr(on) / 12hr(off), 양액 PY 0.5 mS/cm에서 각각 관찰되었다.

그러나 이 결과들에서 약간의 연관성이 관찰되었으며 이는 최대생육치의 경우 공통적으로 EC값이 1 mS/cm였으며 최소생육치는 공통적으로 EC값이 0.5 mS/cm라는 점이였다. 그렇지만 2주차까지의 최대 생육치는 PY양액의 1 mS/cm에서 관찰되었으나 3주차에서 PW양액의 1 mS/cm로 급변하였으며 최소생육치의 경우도 2주차까지 PW 0.5 mS/cm에서 3주차에 PY 0.5 mS/cm로 급변한 것을 관찰할 수 있었다.

4. 생체중

상추의 주당 생체중은 Table 7과 같다. 평균적으로는 정식 8일차와 15일차의 일장조건 (24 hr on / 00 hr off)에서 높은 생체중 무게를 보였다. 그리고 평균적으로 가장 높은 생체중을 보인 양액비는 PY 1.0 mS/cm로 나타났으며, 최종 성장에 대한 통계(SAS Ver.9.2)처리결과를 Table 8과 같이 Duncan분석을 이용해 나타내었다.

분석결과로는 24 hr(on) / 00 hr(off)에서 최종적으로 우수한 생육우위를 확인할 수 있었다. 평균생체중이 177.8 g으로 최저생육치를 보인 12hr(on) / 12hr(off)에서 112.0 g보다 65.8 g이 더 많이 나타났고, 최저 생육을 보인 양액조

Table 8. Statistical significance for lettuce growth verify processing.

Lighting time cycle	PW		PY		
	PW0.5	PW1.0	PY0.5	PY1.0	PY2.0
12h(on) / 12h(off)	112.0c	114.0c	91.0c	98.6c	163.1c
18h(on) / 06h(off)	177.8a	182.4b	111.2b	218.6a	212.4a
24h(on) / 00h(off)	170.0b	235.0a	116.0a	203.0b	210.4b

건은 원더그로양액이었으며, 일장 조건은 12 hr(on) / 12 hr(off)이었다.

IV. 결론

청축면상추(그랜드래피드)의 적정 생육조건을 구명하고자 광원의 조사시간과 양액의 배양 조건을 변수로 하여 약정식 후 22일간의 생육실험을 행하였으며, 그 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

측정 결과에 따르면, 생육기간에 따라 각각 다른 광원 조사시간과 양액 조성 비율이 나타났는데, 이는 다량원소 조성비에서 결론이 도출되어질 것으로 생각되어진다. PY의 경우 N/P/K/Ca/Mg의 비율이 6/1.5/4/2/1이며 PW의 경우 5/2/6.3/5.5/0.5로서 영양생장이 최대로 일어나고 있는 시점에서 단백질형성에 크게 영향을 미치는 P와 세포팽대 및 분열조직의 생장, 광합성물질 합성효소의 활성화와 이동에 유효한 K, 그리고 식물세포의 신장과 분열에 필요하며 막구조와 세포내 물질을 보존하는 Ca등의 성분비가 높은 PW에서 청축면상추의 생육이 더욱 촉진되었을 것으로 생각되어진다.

실험에 사용되어진 아시아종묘의 청축면상추인 그랜드래피드의 경우 엽형지수(엽장/엽폭)와 관련하여 공시되어진 바가 없으나 일반적으로 청축면상추의 경우 엽형지수가 1에 가깝거나 혹은 1보다 적은 것이 보통이다. 그러나 광조사시간과 관련하여 조사시간이 감소할수록 엽형지수가 증가하는 경향을 보였다.

이는 두 가지 원인으로 생각되어지는데 첫 번째는 광조사시간의 부족으로 광량이 부족하여 웃자람 현상이 일어난 것, 두 번째는 재식거리가 좁아 옆으로 퍼져야할 노엽들이 퍼지지 못해 위로 신장한 것이다. 첫 번째의 경우 광조사시간이 늘어남에 따라 실질적으로 개선되어지는 바가 관찰되어졌으며 두 번째의 경우는 향후 실험에서 적용해야할 과제로 생각되어진다. 재식거리가 확보 되지 않는 부

분은 생장에도 문제가 되어 2주차까지 일정한 경향을 나타내던 엽형지수가 3주차에 들어 경향치가 확인되지 않았으며 또한 부가적으로 수확 시 다른 작물에 손상을 미치게 하여 어려움을 초래하게 하였다.

엽수는 1 cm이상의 엽의 수로써 광조사시간이 12시간에서 18시간으로 증가하였을 시 확연히 증가하는 양상을 보였으나 18시간에서 24시간으로 증가한 경우는 비슷하거나 약간 감소하는 경향을 나타내었다. 이는 상추생육에 있어 잎의 분화가 주간보다는 야간에서 왕성하다는 보고와 더불어 상추가 생육하는데 있어 최소한의 광이 조사되지 않는 시간이 필요하며 에너지 절약차원에서 꼭 고려되어야할 내용으로 생각되어진다.

재배방식에 따른 청축면상추(그랜드래피드)의 생육관찰은 토경재배 실험군의 광량이 수경재배 실험 군과 차이가 있어 사실상 비교가 불가능하였다. 광보상점을 겨우 넘는 광량으로 인해 12시간 광조사실험군은 거의 웃자람현상으로 생육이 저해되었고 24시간 광조사 실험군은 생육은 되었으나 수경재배 실험 군과 차이가 많았다. 향후 이 부분을 보완하여 추가적으로 실험을 해야 할 필요성이 있는 것으로 생각되어진다.

또한, 실험에 있어 생육기간 최소화를 위해 광조사시간은 유의성 결과로 보아 18시간 이상 24시간 이하의 조건으로, 양액 조성 및 농도는 PY양액의 1 mS/cm조건으로 진행 후, 실험 후반에 PW양액의 1 mS/cm로 변경하는 것이 좋을 것으로 판단된다. 이는 초기 생장은 PY양액에서 우수한 결과를 보였던 점과 후기 생장에서 PW의 생장이 우수했던 점에서 근거한 것이다. 혹은 PY보다 PW에 P/K/Ca의 높은 성분비가 포함되었던 단백질형성에 영향을 미치는 P 그리고 세포팽대 및 분열조직의 생장, 광합성물질 활성화와 이동에 유효한 K, 식물세포 신장과 분열에 필요하며 막구조와 세포내 물질을 보존하는 Ca를 추가 추비하여 준다면 후기에 청축면상추(그랜드래피드)의 생육이 더욱 촉진 될 것으로 판단된다.

참고 문헌

- Cho YR, Hahn DW, Lee YB. 1998. Effect of artificial light sources on the growth of crisphead lettuce in plant factory. *Journal of Bio-Environment Control* 7(1):35-42.
- Ahn TI, Son JE. 2011. Changes in ion balance and individual ionic contributions to EC reading at different renewal intervals of nutrient solution under EC-based nutrient control in closed-loop soilless culture for sweet peppers (*Capsicum annuum* L. 'Fiesta'). *Korean Journal of Horticultural Science & Technology* 29(1):29-35.
- Ryoo JW. 2009. Effects of compost leachate on growth and yield of leaf lettuce in hydroponic culture. *Journal of livestock housing and environment* 15(1):51-58.
- Yang UY, Park KS, O JS, Lee HJ, Lee YB. 2009. Seasonal mineral nutrient absorption characteristics and development of optimum nutrient solution for rose substrate culture in a closed hydroponic system. *Journal of Bio-Environment Control* 18(4):354-362. [in Korean]
- You SO, Bea JH, Park YJ, Joo JY, Jang HK, Hoh BG. 2007. Analysis of domestic patent information on hydroponics field. *Journal of Bio-Environment Control* 16(1):13-20. [in Korean]
- Rural Development Administration. 2003. Horticultural research institute gardening pilot study report (2007). [in Korean]
- Rural Development Administration The crop characteristics and cultivation of crop characteristics and cultivation environment. [in Korean]