

배양액 농도와 광도가 식물공장에서 재배되는 적촉면 상추의 성장에 미치는 영향

차미경¹ · 김주성^{1,3} · 조영열^{2,3*}

¹제주대학교 식물자원환경전공, ²제주대학교 원예환경전공, ³제주대학교 아열대농업생명과학연구소

Growth Response of Lettuce to Various Levels of EC and Light Intensity in Plant Factory

Mi Kyung Cha¹, Ju-Sung Kim^{1,3}, and Young Yeol Cho^{2,3*}

¹Major in Plant Resources and Environment, Jeju National University, Jeju 690-756, Korea

²Major in Horticultural Science, Jeju National University, Jeju 690-756, Korea

³Research Institute for Subtropical Agriculture and Animal Biotechnology, Jeju National University, Jeju 690-756, Korea

Abstract. To investigate the influence electrical conductivity (EC) of nutrient solution and light intensity on growth of red leafy lettuce, fresh and dry weights, number of leave, chlorophyll concentration and production efficiency were evaluated through nutrient film technique system. The levels of EC were 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 3.0, and 6.0 $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$, and those of light intensity were 120, 150, and 180 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Under photoperiod of 16 h/day, the temperature was maintained in the range of 20~25°C. Planting density was 10 × 10 cm (100 plants/m²). When red leafy lettuce were grown in the EC range of 0.5~1.5 $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$, the fresh and dry weights decreased as the EC levels and light intensity were lowered, however, Hunter's a value showed no significant differences among the treatments of EC and light intensity levels (Ex. 1). The fresh and dry weights and production efficiency ($\text{g} \cdot \text{FW}/\text{kw}$) were the highest in the treatment of 3.0 $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ and 180 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ when crops were grown under the EC range of EC 1.5~6.0 $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ (Ex. 2). But the fresh and dry weights, number of leaves, and production efficiency of 2.0 $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ were the highest when the light intensity was 180 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (Ex. 3). The SPAD value increased gradually as EC levels were elevated. From the above results, we concluded that optimum levels of EC and light intensity were 2.0 $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ and 180 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, respectively, for production as well as production efficiency of red leaf lettuce in plant factory.

Key words : dry weight, light intensity, production efficiency, red leaf lettuce, SPAD value

서 론

식물공장(plant factory)이란 시설 내에서 광, 온도, 이산화탄소, 상대습도, 배양액 온도 등의 지상부·지하부 환경을 최적상태로 제어하고, 재배공정을 자동화하여 식물을 연속적으로 계획 생산하는 시스템을 말한다. 식물공장내의 환경을 정밀하게 조절함으로써 식물의 생산성 향상 및 품질의 고급화가 가능하다. 상추는 생육

기간이 짧고, 우리나라에서 소비가 많은 채소이며, 생산적인 면에서 계절적 영향을 받지 않기 때문에 식물공장 방식에 적합한 작물이다(Lee 등, 2010). 따라서 식물공장내의 작물 생산을 위한 각종 연구에서 다른 채소류보다 실험 대상작물로 삼는 경우가 많다. 또한 식물공장에서 상추를 재배할 때 그 생산율은 시설재배를 할 경우보다 약 8배 정도 더 빠른 것으로 보고되고 있지만(Ikeda 등, 1992), 식물공장과 같이 최적 환경조건에서 빠르게 성장할 경우 잎끝마름증과 같은 생리장해가 많이 발생하고 있다(Barta와 Tibbitts, 1991; Choi와 Lee, 2001). 즉, 식물공장에서 상추 재배를 위

*Corresponding author: yycho@jejunu.ac.kr
Received February 3, 2012; Revised September 6, 2012;
Accepted November 1, 2012

한 배양액 농도를 환경 조건에 적합하도록 변화시켜야 함에도 일반 시설재배와 동일한 농도를 적용시킴으로써 생리장해가 발생하는 주요 원인이 되고 있다(Ikeda 등, 1992; Um 등, 2010). 따라서 각종 생리장해를 방지하기 위해 배양액 농도 조절(Park과 Lee, 1999a, 1999b; Choi와 Lee, 2001), 광도(Park과 Lee, 1999a, 1999b), 및 CO₂ 농도(Park과 Lee, 1999b)의 조절 그리고 품종 선택(Choi와 Lee, 2001) 등의 연구들이 수행되어 왔다. 식물공장내의 광도를 높일 경우 작물 생육량도 증가하는데, 싹채소류는 7~15 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 엽채류는 200~300 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 과채류는 500 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 이 적합한 수준으로 알려져 있다(Yoon과 Choi, 2011). 또한 식물공장내 작물 생산을 위한 생산비 중 가장 많은 부분을 차지하는 것이 적절한 수준으로 광도를 유지하는 것이며, 생산 효율성(전기 효율에 대한 생체중, g·FW/kw)과 품질을 고려하여 최적 광도가 제시되어야 함에도 관련 연구가 수행되지 않았다.

따라서, 식물공장에서 적축면 상추를 재배하면서 배양액 농도와 광도가 생장과 품질, 그리고 생산 효율성에 미치는 영향을 구명하기 위해 본 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

제주대학교에 설치한 완전제어형 식물공장(550 wide cm × 340 length cm × 270 height cm)에서 본 연구를 수행하였다. 공시작물은 적축면 상추(*Lactuca sativa* L.) ‘뚝섬’(농우바이오)을 사용하였으며, 시험은 2010년 8월 20일부터 2011년 5월 12일까지 수행하였다. 배양액은 일본원예시험장액으로 하였다. 인공광원으로는 삼파장 형광등(32W와 55W, Philips Co. Ltd., the Netherlands)을 사용하였다. 광원인 형광등은 베드 바닥면을 기준으로 50cm 위에 설치하였다. 광도 120 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 처리구는 32W 형광등 14개(전체 전력량 시간당 448W), 광도 150 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 처리구는 32W와 55W 형광등 각각 8개와 6개(전체 전력량 시간당 586W), 광도 180 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 처리구는 55W 형광등 14개(전체 전력량 시간당 770W)가 소요되었다. 일장조절에서 16시간 명기, 8시간 암기로 설정하였다. 실험은 크게 3부분으로 이루어졌으며, 처리

기간, 처리내용 및 측정항목은 다음과 같다.

1. 실험 1

시험은 2010년 11월 4일 파종하여 11월 18일 정식한 후, 12월 6일에 수확하였다. 배양액 농도 처리는 0.5, 1.0, 1.5dS·m⁻¹으로 조성한 후 EC를 조절하였으며, 광도 120, 150, 180 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 으로 설정하였다. 정식 후 18일째에 생체중과 정식 후 16일째에 적색 정도(Hunter's a값)를 측정하였다.

2. 실험 2

시험은 2010년 8월 20일 파종하여 9월 4일 정식한 후, 9월 18일에 수확하였다. 배양액 농도 처리는 1.5, 3.0, 6.0dS·m⁻¹으로 조성한 후 EC를 조절하였으며, 광도 120, 150, 180 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 으로 설정하였다. 정식 후 14일째에 생체중과 생산 효율성을 측정하였다.

3. 실험 3

시험은 2011년 4월 14일 파종하여 4월 28일 정식한 후, 5월 12일에 수확하였다. 배양액 농도 처리는 1.5, 2.0, 3.0dS·m⁻¹으로 조성한 후 EC를 조절하였으며, 광도 180 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 으로 설정하였다. 정식 후 14일째에 생체중, 엽수, 틱번 발생을 및 생산 효율성을 측정하였다.

실험 1, 2와 3에 사용한 적축면 상추는 폴리에탄 스폰지에 파종한 후 엽수가 3매일 때 정식하였다. 재배베드는 2단으로 240cm(L) × 90cm(W) × 200cm(H) 크기였다. 재배시스템은 박막수경시스템이었으며, 배양액의 pH는 5.5~6.5로 관리하였으며, 배양액 공급은 10분 간격으로 공급하였다. 실험이 끝날 때까지 배양액은 교체하지 않았다. 재식거리는 모든 처리구에서 10 × 10cm였다. 재배환경은 에어컨을 이용하여 온도 20~25°C로 관리하였으며, 이산화탄소농도와 상대습도는 제어하지 않았다. 생체중 측정은 전자저울을 이용하여 측정한다. 건조기(drying oven, 비전과학, 한국)를 이용하여 70°C에서 72시간 건조한 후 건조중을 측정하였다. 생산효율은 전체 생육기간 동안의 생체중을 측정한다. 다음 이 기간까지 소비되는 전력량으로 나누어 계산하였다(g·FW/kw). 엽록소측정기(SPAD-502, Minolta, Osaka, Japan)를 사용하여 한 잎에 10군데를 측정 후 평균값으로 하여 엽록소함량을 판단하였다. 상추의

배양액 농도와 광도가 식물공장에서 재배되는 적축면 상추의 생장에 미치는 영향

안토시아닌 색소발현의 간이 측정을 색도색차계 (Chromameter, CR400, Minolta, Osaka, Japan)를 사용하여 Hunter's a값으로 나타내었다. 실험구 배치는 완전임의배치법으로 배치하였으며, 통계처리는 SAS 프로그램을 이용하여 Duncan 다중 검정하였다.

결과 및 고찰

배양액 농도가 낮은 처리에서는 광도가 높을수록 생체중과 건물중이 무거웠다(Fig. 1). 광도가 높은 처리에서는 배양액간의 유의적인 차이가 없었다. 생체중과 건물중(Fig. 1) 및 엽록소 함량(Fig. 8)은 0.5dS·m⁻¹ 처리에서 가장 낮았으며, 이 배양액 농도 수준으로 식물공장에서 재배하기에는 바람직하지 않다는 결론을 얻었다. 색도색차를 사용하여 Hunter's a값을 알아본 결과, 배양액 농도와는 아무런 관련이 없었다(Fig. 2). 안토시아닌 색소 함량간에도 광도와 농도 수준별 유의

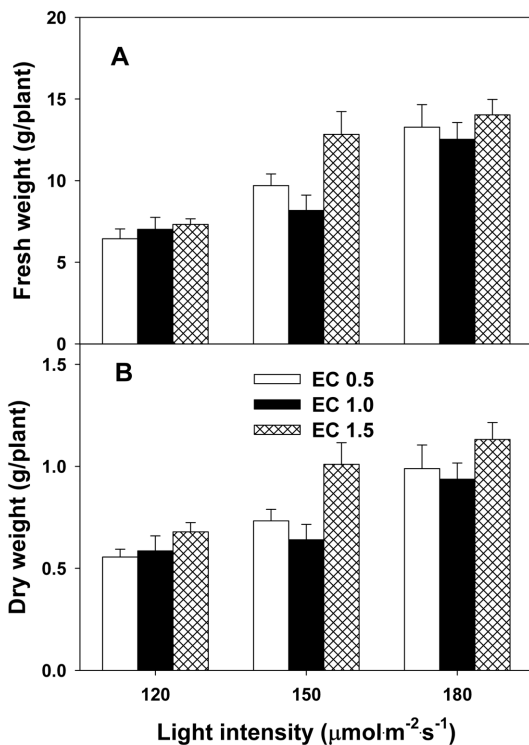


Fig. 1. Effects of light intensity and electrical conductivity (EC) on the fresh (A) and dry (B) weights of leaf lettuce 18 days after transplanting. The vertical bars represent the standard error (n = 9).

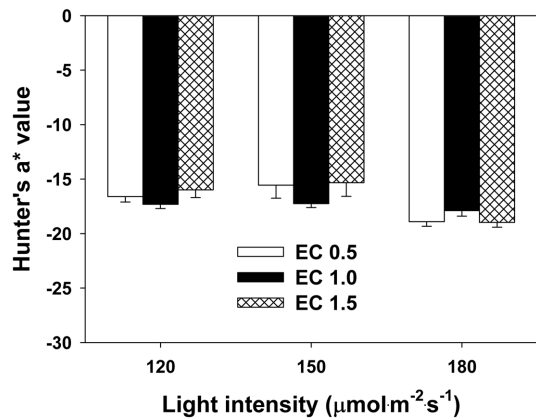


Fig. 2. Effects of light intensity and electrical conductivity (EC) on the Hunter's a value of leaf lettuce 16 days after transplanting. The vertical bars represent the standard error (n = 10).

적인 차이가 없었다(자료 미제시). Voipio와 Autio (1995)는 엽내 안토시아닌 함량은 높은 광도, 배양액 농도와 UV-A 조사에 의해 증가한다고 보고하고 있으며, Park과 Lee(1999a)도 높은 광도에서 상추의 안토시아닌 함량이 높았다고 하였다. 그러나, Um 등 (2010)은 상추의 적색 발현에는 광도가 크게 영향을 끼치지 않았다고 하였다. 본 연구에서도 특이할 사항은 정식 전 상추가 받는 광도 수준과 생육이 진전됨에 따라 높이 변화에 따른 상추 잎이 받는 광도 수준이 다르다는 것이다. 광도 수준 처리시 수확할 수 있는 상추의 잎은 생육이 진전됨에 따라 높은 광도를 받기 때문에 광도 수준 처리간 적색 발현에 유의적인 차이가 없을 수 있다. 본 연구에서도 Um 등(2011)의 보고처럼 적축면 상추의 적색 정도는 광도 수준과는 아무런 관련이 없었다. 그러나, 생육 초기 적축면 상추 재배를 위한 120μmol·m⁻²·s⁻¹ 광도 수준으로 처리하였을 때, 적축면 상추의 적색 발현이 잘 되지 않았지만, 150μmol·m⁻²·s⁻¹ 광도 수준으로 처리하였을 때는 적색 발현이 잘되었다(자료미제시). 따라서, 식물공장에서 적축면 상추의 안토시아닌 색소 발현과 상추 생육을 위한 최소한의 광도 수준은 120μmol·m⁻²·s⁻¹ 이상 되어야 할 것이다.

높은 배양액 농도에서는 광도와 배양액 농도 수준간의 상호적인 작용이 있었다(Fig. 3). 이러한 결과로, 낮은 광도 수준에서는 배양액 농도 수준을 높게 설정하는 것이 좋으며, 180μmol·m⁻²·s⁻¹ 광도 수준에서

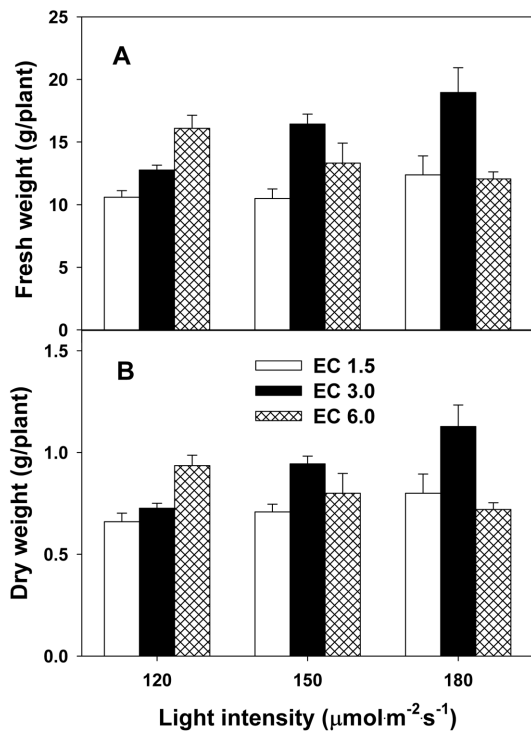


Fig. 3. Effects of light intensity and electrical conductivity (EC) on the fresh (A) and dry (B) weights of leaf lettuce 14 days after transplanting. The vertical bars represent the standard error (n = 5).

는 배양액 농도를 $3.0\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 농도 이하로 처리하는 것이 상추 생육에 유리할 것이다. Um 등(2010)은 식물 공장에서 정식 2주 후 $145\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 의 광도 수준에서 상추의 지상부 생체중과 엽면적이 양호하였으며, Park과 Lee(1999b)은 이산화탄소 시용시($1,000\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$ 이상), 적정 광도는 $200\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 이상이며, $1.2\sim 4.8\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 배양액 농도 수준에서 유의적인 생육 차이가 없었다라고 하였다. 또한 Park과 Lee (1999a)는 이산화탄소 시용시($1,500\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$), 적정 광도 수준은 $200\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 이상이며, $250\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 광도 수준에서는 $1.8\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 배양액 농도 수준과 $150\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 광도 수준에서는 $2.4\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 배양액 농도 수준에서 생육이 가장 좋았다고 하였다. 위의 연구결과로 볼 때, 상추의 생육, 지상부 환경, 광도 수준 및 배양액 농도 수준간에는 밀접한 관련이 있을 것으로 생각한다.

식물공장에서 경제적인 관리를 고려해 볼 때, 작물의 생육과 생산 효율성을 찾아야 할 것이다. 상추의

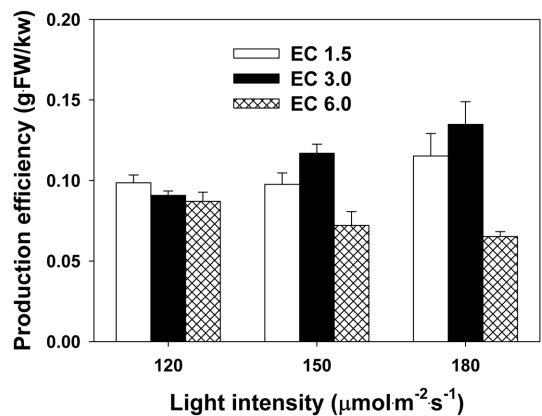


Fig. 4. Effects of light intensity and electrical conductivity (EC) on the production efficiency 14 days after transplanting. The vertical bars represent the standard error (n = 5).

생체중과 생산 효율적인 면을 볼 때, $150\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 와 $180\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 광도 수준 처리에서 $3.0\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 배양액 농도 수준 처리가 가장 높은 생산 효율성을 보였다(Fig. 4). 이러한 결과로, 낮은 광도 수준에서는 배양액 농도 수준을 높게 설정하는 것이 좋다. 따라서 식물공장에서 상추 재배에 적합한 적정 광도와 배양액 농도 범위를 제시할 필요가 있다.

적정 배양액 농도 범위를 찾기 위해(실험 3), $2.0\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 배양액 농도 수준이 가장 높은 생체중, 건물중, 엽수 및 잎끝마름중(tipburn)을 보였다(Fig. 5와 6). 상추의 생육적인 측면에서 $180\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 광도 수준과 $2.0\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 배양액 농도 수준이 좋았지만, 품질적

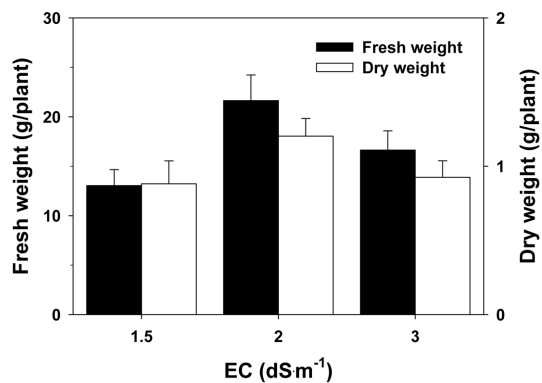


Fig. 5. Effect of electrical conductivity (EC) on the fresh and dry weights of leaf lettuce 14 days after transplanting. Light intensity was $180\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. The vertical bars represent the standard error (n = 6).

배양액 농도와 광도가 식물공장에서 재배되는 적축면 상추의 생장에 미치는 영향

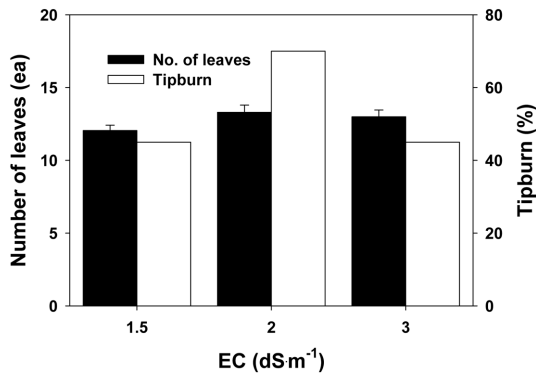


Fig. 6. Effect of electrical conductivity (EC) on the number of leaves and tipburn of leaf lettuce 14 days after transplanting. Light intensity was $180 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. The vertical bars represent the standard error (n = 20).

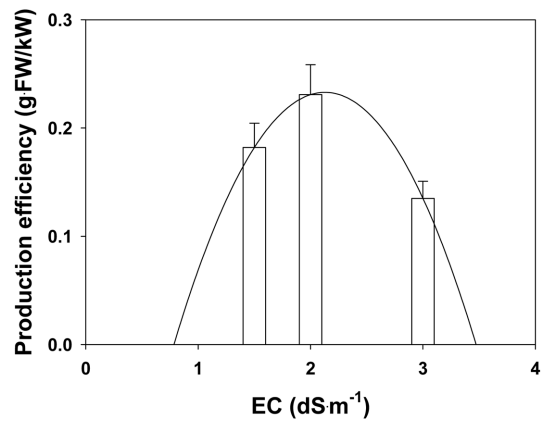


Fig. 7. Relation between electrical conductivity (EC) and production efficiency (Production efficiency = $-0.35 + 0.55 \cdot \text{EC} - 0.13 \cdot \text{EC}^2$) 14 days after transplanting. Light intensity was $180 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. The vertical bars represent the standard error (n = 6).

인 측면에서는 $2.0\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 배양액 농도 수준이 좋지 않았다. Barta와 Tibbitts(1991)은 제어된 환경하에서 상추의 생리장해인 잎끝마름증 원인은 빠른 성장율과 관련이 있다고 하였으며, Kozai 등(1992)은 칼슘 공급이 불충분하거나 양분 불균형에 의해 발생할 수 있다고 하였다. 이러한 연구들을 고려해 볼 때, 높은 광도에서는 $2.0\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 이하로 배양액 농도를 설정하는 것이 상추의 품질적인 측면에서 좋을 것으로 본다. Choi와 Lee(2001)는 식물공장에서도 잎 상추재배시 배양액의 농도가 $9.0\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 처리임에도 불구하고 잎끝마름증이 없었다고 보고하고 있다. 이러한 결과는 잎끝마름증과 성장율간에 관계가 있다라는 것을 증명하는 연구이다. 그러나, 본 연구에서는 이산화탄소와 상대습도를 제어하지 않았기 때문에 생육이 그다지 빠르지 않았다. 광도 $200\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 이산화탄소 $600\sim 900\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$, 상대습도 65~75% 수준에서 상추를 재배하였을 때, 상추의 잎끝마름증은 빠른 성장율에 의해 $2.0\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 배양액 농도 수준보다는 $1.5\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 배양액 농도 수준에서 더 많이 발생하였다(자료미제시). 따라서, 본 연구의 잎끝마름증 원인은 빠른 성장율에 의해 발생하지만, 지상부의 환경(광도, 이산화탄소와 상대습도)과 지하부의 환경(배양액 농도)를 고려한다면 잎끝마름증 발생을 줄일 수 있을 것이다.

또한, 생산 효율성 면에서 $180\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 광도 수준에서 $2.0\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 배양액 농도 수준이 가장 좋았다(Fig. 7). 1.5 , 2.0 과 $3.0\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 배양액 농도 수준의 전기소모량은 각각 $72\text{kW}/\text{plant}$ (평균 생체중 16g),

$94\text{kW}/\text{plant}$ (평균 생체중 24g)와 $123\text{kW}/\text{plant}$ (평균 생체중 19g)였다. 또한 상추 생육에 대한 생산 효율성은 각각 0.18 , 0.23 과 $0.14\text{g} \cdot \text{FW}/\text{kW}$ 로 $2.0\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 배양액 농도 수준이 좋았다. Ikeda 등(1992)은 식물공장에서 상추 재배를 위한 광소비량은 $0.63\text{kWh}/\text{plant}$ (생체중 10g)라고 하였고, Shimizu 등(2011)은 형광등으로 상추를 재배할 경우 생산 효율성은 약 $0.7\text{g} \cdot \text{FW}/\text{W}$ 라고 하였다. 본 연구에서는 지상부 온도, 배양액 농도와 광도만을 제어한 결과로서 Ikeda 등(1992)과 Shimizu 등(2001)의 실험결과보다 낮은 생산 효율성을 보였다.

배양액 농도가 짙어질수록 엽록소 함량(SPAD) 또한 높았다(Fig. 8). Park과 Lee(1999a)는 잎 상추일 경우 광도가 높아질수록 엽록소 함량도 높았다고 보고하였다. 그러나, Um 등(2010)은 엽록소 함량은 광원 종류와는 차이가 없었다고 보고하였다. 또한 적축면 상추일 경우 광도와 배양액 농도에 의한 엽록소 함량간에는 유의적인 차이가 없다고 보고하고 있다. Choi와 Lee(2001)는 배양액 농도가 증가할수록 잎 상추와 반결구 상추의 엽록소 함량은 증가한다고 보고하고 있다. 이처럼, 엽록소 함량은 광원, 광도 및 배양액 농도와 밀접한 관련이 있으나, 본 연구에서는 엽록소 함량은 광도보다는 배양액 농도와 밀접한 관련이 있다라는 결론을 얻었다.

이상의 결과에서 식물공장에서는 적축면 상추의 생

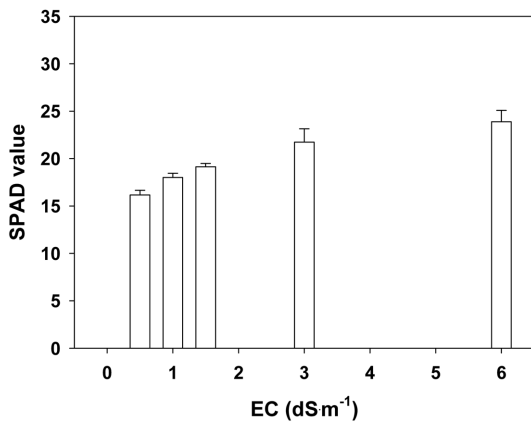


Fig. 8. Relation between electrical conductivity (EC) and SPAD value. The vertical bars represent the standard error (n = 18).

육, 품질과 생산 효율성을 고려한다면, 광도에 따른 배양액 농도도 달라져야 한다. 즉, 광도가 높을 경우 배양액 농도를 낮게, 광도가 낮을 경우 배양액 농도를 높여줘야 한다. 본 연구에서는 식물공장에서 적축면 상추를 위한 적정 광도와 배양액 수준은 각각 $180\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 과 $2.0\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 를 제시한다. 다만, 식물공장에서 상추를 재배할 경우, 생육과 품질 등을 고려하여 하나의 환경 요인이 아닌 여러 가지 환경 요인들에 관한 연구가 이루어져야 할 것이다.

적 요

박막수경 재배시스템을 갖춘 식물공장에서 적축면 상추의 생육, 엽수, 엽록소함량 및 생산 효율성에 관한 배양액 농도와 광도의 효과를 알아보기 위해 본 연구를 수행하였다. 배양액 농도 수준은 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 3.0, $6.0\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$, 광도 수준은 120, 150, $180\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 이었다. 광주기는 16시간 명기, 8시간 암기 하에서 온도는 $20\sim 25^\circ\text{C}$ 로 유지하였다. 재식거리는 $10 \times 10\text{cm}$ 였다. 배양액 농도 $0.5\sim 1.5\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 수준에서 생육한 적축면 상추의 생체중과 건물중은 배양액 농도와 광도가 낮아짐에 따라 감소하였으나, 적색 정도는 광도와 농도별 차이가 없었다(실험 1). 적축면 상추가 배양액 농도 $1.5\sim 6.0\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 수준에서 생육할 때, 생체중과 건물중 및 생산 효율성($\text{g} \cdot \text{FW}/\text{kw}$) 등은 배양액 농도 $3.0\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 와 $180\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 처리구에서 높

았다(실험 2). 세부적인 실험 결과, 생체중, 건물중, 엽수 및 생산 효율성 등은 배양액 농도 $2.0\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 와 $180\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 처리구에서 가장 높았다(실험 3). 배양액 농도가 짙어질수록 SPAD 수치도 점진적으로 증가하였다. 이상의 결과에서 우리는 완전제어형 식물공장에서 적축면 상추의 생산성 뿐만 아니라 생산 효율성을 고려해 볼 때, 적정 배양액 농도와 광도 수준은 각각 $2.0\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 와 $180\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 였다.

주제어 : 건물중, 광강도, 생산 효율성, 적축면 상추, SPAD 값

사 사

이 논문은 2010년도 제주대학교 학술연구지원사업에 의하여 연구가 되었음.

인 용 문 헌

- Barta, D.J. and T.W. Tibbitts. 1991. Calcium localization in lettuce leaves with and without tipburn: Comparison of controlled-environment and field-grown plants. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 116:870-875.
- Choi, K.Y. and Y.B. Lee. 2001. Effect of electrical conductivity of nutrient solution on tipburn incidence of lettuce (*Lactuca sativa* L.) in a plant factory using an artificial light source. *Hort. Environ. Biotech.* 42: 53-56.
- Ikeda, A., Y. Tanimura, K. Ezaki, Y. Kawai, S. Nakayama, K. Iwao, and H. Kageyama. 1992. Environmental control and operation monitoring in a plant factory using artificial light. *Acta Hort.* 304:151-158.
- Kozai, T., A. Karion, K.G. Grant, and H.O. Ikeda. 1992. *New greenhouse management*. 117-120. Askura, Japan.
- Lee, J.G., S.S. Oh, S.H. Cha, Y.A. Jang, S.Y. Kim, Y.C. Um, and S.R. Cheong. 2010. Effects of red/blue light ratio and short-term light quality conversion on growth and anthocyanin contents of baby leaf lettuce. *J. Bio-Env. Con.* 19:351-359.
- Park, M.H. and Y.B. Lee. 1999a. Effects of light intensity and nutrient level on the growth and quality of leaf lettuce in a plant factory. *J. Bio-Env. Con.* 8:108-114.
- Park, M.H. and Y.B. Lee. 1999b. Effects of CO₂ concentration, light intensity and nutrient level on the growth of leaf lettuce in a plant factory. *Hort. Environ. Biotech.* 40:431-435.
- Shimizu, H., Y. Saito, H. Nakashima, J. Miyasaka, and

배양액 농도와 광도가 식물공장에서 재배되는 적측면 상추의 생장에 미치는 영향

- K. Ohdoi. 2011. Light environment optimization for lettuce growth in plant factory. Proceedings of the 18th IFAC World Congress 18:605-609.
9. Um, Y.C., S.S. Oh, J.G. Lee, S.Y. Kim, and Y.A. Jang. 2010. The development of container-type plant factory and growth of leafy vegetables as affected by different light sources. *J. Bio-Env. Con.* 19:333-342.
10. Voipio, I. and J. Autio. 1995. Responses of red-leaved lettuce to light intensity, UV-A radiation and root zone temperature. *Acta Hort.* 399:183-187.
11. Yoon, C.G and H.K. Choi. 2011. A study on the various light source radiation conditions and use of LED illumination for plant factory. *Journal of KIIEE* 25(10): 14-22.