

새싹인삼 재배를 위한 투광 분산형 태양광 모듈 개발 및 자연채광 재배시스템 해외 실증연구

강성환¹⁾ · 최재호¹⁾ · 정인성¹⁾ · 임경열¹⁾ · 박재우¹⁾ · 응우옌 후 호앙³⁾ · 김종일^{1,2)*}

¹⁾신재생에너지소재개발지원센터, 전북대학교 산학협력단, 부안, 56332

²⁾과학학과, 자연과학대학, 전북대학교, 전주, 54896

³⁾농업첨단기술응용연구센터, 과학대학, 베트남국립대학교, 호치민, 10000

Development of Light Distributed Solar Modules for Growing Sprout Ginseng and Overseas Empirical Research on Natural Lighting Cultivation System

Seong-Hwan Kang¹⁾ · Jae-ho Choi¹⁾ · In-Sung Jung¹⁾ · Gyeong-Yeol Lim¹⁾ · Jae-Woo Park¹⁾ ·
Nguyen Huu Hoang³⁾ · Chong-Yeal Kim^{1,2)*}

¹⁾New&Renewable Energy Materials Development Support Center (NewREC), Jeonbuk National University, Bu-An, 56332, Korea

²⁾Department of Science Studies, Jeonbuk National University, Jeon-Ju, 54896, Korea

³⁾Research Center for High-Tech Application in Agriculture (RCHAA), University of Science,
Vietnam National University, Ho-Chi-Minh, 10000, Vietnam

Received December 27, 2023; Revised January 8, 2024; Accepted January 9, 2024

ABSTRACT: To create an environment for growing ginseng sprouts, we developed a solar module that partially transmits and disperses light. A G to G type light transmission and dispersion solar module was developed using glass with a mist pattern applied, and the light dispersion effect of the developed module was confirmed through illuminance measurement. The output of one module is approximately 260 W, and the configuration consists of 48 cells in series in 4 strings. The cultivation system where the developed module will be installed was developed in the form of a container, and three units of 2.6 kW (260 W x 10 EA). The inside of the cultivation system consists of a shading screen, air conditioner, ventilator, plastic pot, etc. to create an environment for cultivating sprout ginseng. As a result of actually planting sprout ginseng, it was confirmed through verification that the plants were grown without any problems.

Key words: Solar module, Cultivation system, Natural lighting, Sprout ginseng, Light distributed solar module

Subscript

BIPV : building integrated photovoltaic system

1. 서론

현재 전 세계적으로 온실가스로 인한 기후 문제가 심각하게 대두되고 있으며¹⁾ 우리나라도 온실가스 배출 없는 친환경 전력을 생산하고 활용하는 ‘탄소중립 2050’ 비전을 달성하는 것이 매우 중요한 과제가 되었다. ‘탄소중립 2050’을 달성하기 위한 여러 방법 중 가장 현실적이고 합리적인 에너지원은 신재생에

너지이다. 신재생에너지원 중 태양광은 미래 분산에너지 시대에 가장 적절한 에너지원으로 수요가 지속적으로 증가할 것으로 예측되고 있다²⁾. 글로벌 수요에 맞춰서 우리나라 정부는 탄소중립과 RE100 이행계획에 따라 신재생에너지의 확대³⁾를 활발하게 진행하고 있다. 재생에너지 중에서 태양광이 가장 비중이 높으며 육상뿐만 아니라 수상, BIPV, 영농형 등 분야가 확대되는 추세이다⁴⁾. 특히 국토의 효율적인 활용과 탄소 절감 등 일석이조 효과를 거둘 수 있기 때문에 BIPV와 영농형 태양광은 지속적인 연구를 통한 활용과 보급이 필요하다.

영농형 태양광은 태양에너지를 농업과 전기생산에 공유하는 (Solar-sharing) 차세대 농업에너지 시스템으로^{5,6)} 특히 탄소 감축과 농가소득 향상에 기여할 수 있다. 영농형 태양광이 성공하기 위해서는 자가 발전한 재생에너지를 활용해 작물을 재배하

*Corresponding author: kimbo@jbnu.ac.kr

는 모델⁷⁾의 발굴이 필요하며 이러한 모델은 어떤 작물을 재배하는가에 따라 달라지게 된다. 영농형 태양광에 접목할 수 있는 작물로는 여러 가지가 있는데 그 중 새싹인삼은 음식식물로 다른 작물에 비해 필요한 태양광이 상대적으로 적기 때문에 영농형 태양광 시스템의 설치 및 발전량에 더욱 유리한 조건이다. 새싹인삼은 보통 하우스에서 수경재배방식⁸⁾으로 약 1~2개월 재배한 인삼을 말하며 보통 인삼과 달리 뿌리, 잎, 줄기까지 통째로 먹을 수 있는 작물이다. 수경재배(양액재배)의 방식은 크게 고행배지경 양액재배 방식과 비고행배지경 양액재배 방식으로 나누어지는데 본 재배시스템에서는 고행배지경 방법으로 피트모스, 펄라이트 등을 혼합한 배지에 양액을 공급하는 방식을 사용하여 재배하였다. 그리고 벼, 토마토, 수박 등 50,000 lux 이상의 조도가 필요한 작물에 비해 새싹인삼은 10,000~20,000 lux 사이인 조도가 낮은 환경에서 키울 수 있는 사포닌 성분이 풍부하고 부가 특용작물이다⁹⁾.

본 연구에서는 자동 제어가 가능하며 7단 화분이 구성되어 새싹인삼을 식재할 수 있는 컨테이너형태의 재배시스템을 개발하였다. 새싹인삼 재배를 위한 환경을 구성하기 위해 투과된 빛이 분산되는 태양광 모듈을 개발하였고 이를 재배시스템의 지붕과 동향, 서향 입면에 각각 2.6 kW (260 W × 10개 직렬구성)씩 적용하여 3개의 태양광 어레이를 구성하였다. 재배시스템 내부는 차광스크린과 에어컨, 환풍기, 환경 계측 센서 등으로 구성되어 새싹인삼을 재배하기 위한 환경을 구성하였으며 실증지역을 베트남 호치민으로 선정하여 연구된 재배시스템과 태양광 모듈이 베트남기후에서 적용할 수 있는지 실증하였다. 실증지를 베트남으로 선정한 이유는 베트남 사람들의 한국인삼에 대한 선호도가 매우 높아 새싹인삼을 수확하여 바로 유통, 판매가 가능한 현지 사업과 구조의 가능성을 검증하기 위하여 베트남 호치민으로 실증지를 선정하였다. 새싹인삼을 식재한 결과 총 7,890뿌리 중 7,784뿌리가 재배되었고 이는 개발한 광투과 분산형 태양광 모듈이 재배시스템 외부에 적용되어도 수확률 97% 이상 확보됨을 실증을 통해 확인하였다. 마지막으로 태양광 발전을 통해 30~40% 수준으로 에너지가 절감됨을 확인하였다.

2. 2장 실험

2.1 새싹인삼 전용 재배시스템 구축

새싹인삼 전용 재배시스템은 40 ft 규격의 컨테이너를 기본으로 자연채광이 될 수 있게 창호를 적용하였다. 전체 재배시스템의 크기는 약 12 m × 4 m × 3 m이며 창호 바깥으로 외부에 개발한 광분산형 태양광 모듈을 10개씩 지붕, 동향 입면, 서향 입면 세 면에 적용 배치하였다. 입면은 태양광 모듈을 수직 배치하였고 지붕면의 경사각은 베트남 지역 위도를 참조하여 약 3°로 설치하였다.



Fig. 1. Sprout ginseng cultivation system using natural light distributed solar module (Top: outside, Bottom: inside)



Fig. 2. Installation of 3 kW inverter and power meter

Table 1. Cultivation system components

Configuration information	Details
Plastic pot	25 x 20 mm, 7-layer configuration
Light blocking screen	3.2 x 9 m, Auto switch motor : 200 W
Complex environment controller	485 master, Remote control controller
Ventilator	Power Consumption 100 Wh
Floating fan	Power Consumption 60 Wh
Irrigation motor	220 V/0.5 hp (50 hz), Feed pump
Sensor	Temperature and humidity/CO2, illuminance sensor, external weather station sensor, humidity sensor
Air conditioner	Power Consumption 3.6 kWh
Video storage device	8ch, NVR - poe
IP router	lptime A2004R /CCTV for remote control
High definition CAM	Hikvision 5 million pixels
Telecommunication rack	Mini hub rack

Table 2. Module structure and cross-section

Sample	A	B	C	D	Remarks
Structure	Glass to Backsheet	Glass to Backsheet	Glass to Glass	Glass to Glass	The front glass of all samples is mist pattern
Back-side material	Transparent Backsheet (Glossy)	Transparent Backsheet (Matte)	Transparent glass	Mist-type patterned glass	-
Module Cross-Section	Mist-type patterned glass EVA Sheet Solar cell EVA sheet Transparent Backsheet (Glossy)	Mist-type patterned glass EVA Sheet Solar cell EVA sheet Transparent Backsheet (Matte)	Mist-type patterned glass EVA Sheet Solar cell EVA sheet Transparent glass	Mist-type patterned glass EVA Sheet Solar cell EVA sheet Mist-type patterned glass	The pattern of the mist-type glass is placed outward (D Sample)

또한 지붕면, 동향입면, 서향입면 각각 3 kW급 인버터 및 전력계량기를 설치하여 발전량 데이터를 정밀하게 확인할 수 있으며 세 가지 방향의 발전량을 합친 종합 계량기를 설치하였다.

내부 구성은 환경요소와 재배요소로 나눌 수 있는데 환경요소는 내부 일사량을 제어할 수 있는 차광스크린과 에어컨, 데이터를 수집할 수 있는 각종 센서(온도, 습도, 지온, 이산화탄소농도)로 구성되어 있다. 재배요소는 새싹인삼을 키울 수 있는 화분 273개(13열 × 3행 × 7단) 및 관수로 구성되어 있으며 관수는 맨 위 화분에 설치되어 화분 바닥에서 3 cm 정도 뿌리 부분만 물이 공급되는 구조이며 그 이상은 물이 차지 않고 아래 화분에 공급되는 형태이다. 그 외에 CCTV 및 영상저장장치, IP 공유기, 복합환경제어기, 환풍기, 유동팬 등 재배에 필요한 요소들을 구성하였다.



Fig. 3. Light illuminance analysis

2.2 광투과 및 분산형 태양광 모듈 개발

2.2.1 광조도 분석

광분산형 모듈을 개발하기 전 모듈 후면소재 및 구조에 따른 광조도 분석을 실시하여 분산 효과를 검증하였다. 전면부는 400 mm × 400 mm 크기의 미스트 패턴유리(한쪽면은 패턴있고 반대면은 패턴없는 구조)이고, EVA sheet, Solar cell을 공통적으로 사용하였다. 후면은 각각 다 소재를 적용하여 옥외환경(맑은 날씨)에서 빛이 투과되는 영역의 광조도 분석을 실시하였다.

2.2.2 모듈 개발

광분산형 모듈을 개발하기 위해 전/후면 미스트 패턴유리가 적용된 Glass to Glass 타입의 모듈을 개발하였다(장비명 :

Table 3. PV module materials

Materials	Details
Glass	2 x 2,089 x 1,033 mm (One side mist pattern)
EVA sheet	0.5 x 1,050 mm
Solar cell	166 x 166 mm, Eff. 22.0%, 6.0 W
Junction box	2 Rail, 1 diode
Aluminum frame	30 x 2,095 x 1,039 mm

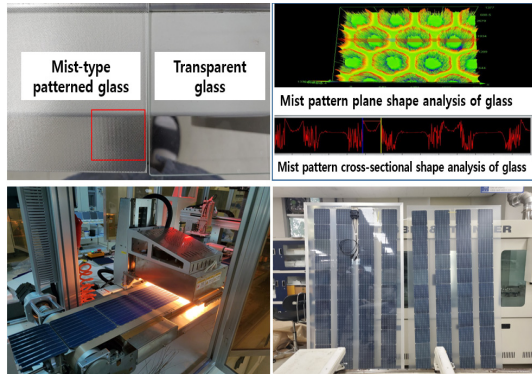


Fig. 4. Mist pattern glass shape analysis and module process

Laminator). 모듈 제작을 위한 라미네이션 공정 조건은 온도 140°C, 진공시간 380초, 압력 40 kPa, 홀딩시간 660초이다. 모듈 소재는 EVA sheet (한화첨단소재 사), 미스트패턴 반강화유리 (Xinda 사), Solar cell (PNG solar 사)를 적용하였으며 총 48cell의 1직렬 스트링 구성으로 설계하였다. 미스트패턴 유리는 통상 태양광 모듈 제작에 사용되는 저철분 반강화타입이며 전면부는 패턴면이 EVA sheet와 맞닿게 적용하였고 후면부는 패턴면이 EVA sheet의 반대면 즉, 바깥쪽으로 배치하여 광이 분산되는 구조로 적용하였다. 또한 패턴 형상을 확인하기 위해 형상구조를 분석하였다(장비명 : Confocal Microscope).

2.2.3 모듈 출력 분석

개발한 광분산형 태양광 모듈의 출력을 분석하였다. STC (Standard test condition) 조건인 온도 25°C, AM 1.5 G, 일사량



Fig. 5. Power evaluation of light transmission and dispersion solar module



Fig. 6. The power meter connected to each solar inverter and the main distribution board power meter

1000 W/m²에서 수행하였으며 Solar simulator 값은 모듈 전면만 측정하였다¹⁰⁾.

2.3 재배시스템 적용 태양광 모듈의 발전량 및 에너지사용량 분석

재배시스템 외부에 광분산형 태양광 모듈을 지붕면 10개, 동향입면 10개, 서향입면 10개씩 각각 직렬로 연결하여 DC 케이블을 인버터에 연결하였다. 또한 각각 인버터에서 AC 전력선을 분전반에 바로 연결하지 않고 각각 전력계량기에 1차 적용하고 2차 각각 분전반에 연결, 3차 Total 전력계량기에 연결, 4차 메인 분전반에 연결하여 정확한 계측이 가능한 환경을 구성하였다. 또한 메인 재배시스템 전체 에너지사용량을 계측하기 위해 메인 분전반의 전력계량기를 설치하였다.

2.4 새싹인삼 재배 및 수확

베트남 호치민 실증사이트에 설치된 재배시스템 내부에 7단 화분을 구성하고 화분내부는 배지(함량 비율 : 펄라이트30% + 피트모스70%)로 채우고 물을 충분히 공급하였다. 화분 1개당 싹이 살짝 튼 1년근 묘삼을 약 30뿌리씩 총 7,980뿌리를 식재하였다. 내부 환경은 차광스크린을 상시 적용하여 내부 조도를 10,000 lux 이하로 맞추었고 온도 18~20°C, 습도 70% 내외로 유지하였다.

3. 결과 및 토의

3.1 광투과 및 분산형 태양광 모듈 개발 결과

(1) 광조도 분석 결과

모듈 후면소재 및 구조에 따른 광조도 분석을 실시하여 광분산효과가 있는 것을 1차 육안으로 확인한 결과, 샘플 D (후면소재 : 미스트패턴유리)가 태양전지 영역의 음영과 여백의 음영 차이가 적게 관찰되었다(Fig. 3). 조도측정기를 활용하여 여백면



Fig. 7. Sprout ginseng internal environmental conditions and cultivation

Table 4. Light illuminance analysis results

Sample		A	B	C	D
Measuring position	Margin area	68 67	60 64	70 76	54 51
	Cell area	34 33	38 43	41 44	51 47
Average illuminance (Lux)		50.5k	51.25k	57.75k	50.75k
Dispersion		385.7	160.9	371.6	8.3

적2포인트, 셀면적2포인트 구간으로 정밀 분석한 결과를 Table 4 광조도 분석 결과로 나타내었다.

분산값을 분석한 결과 샘플D가 8.3으로 분산이 제일 적으며 이는 음영의 밝은 곳과 어두운 곳의 편차가 가장 적어 광분산효과가 가장 좋다고 할 수 있다. 하지만 여백 부분의 조도는 다른 A,B,C샘플에 비해 적게 분석되었지만 재배하고자 하는 작물인 새싹인삼은 음지 식물로 많은 광은 필요하지 않으며 오히려 균일한 조도가 필요하므로 문제없을 것으로 예측했으며 실제 재배 실증으로 문제가 없는 것을 확인하였다.

Table 5. Module output comparison results

Sample	Pmax (W)	Voc (V)	Isc (A)	Vmp (V)	Imp (A)
G to B	261.8	32.5	10.4	26.7	9.82
G to G	261.9	32.5	10.4	26.7	9.83

(2) 모듈 개발 및 출력 분석 결과

광분산형 모듈의 프레임과 정선박스를 결합하여 최종 2 mm × 2,095 mm × 1,039 mm 크기의 저철분 반강화 미스트패턴 유리 2개를 전후면으로 적용(후면유리는 버스바 전극을 뺄 수 있는 홀이 존재)하여 48개 태양전지가 직렬로 구성된 모듈을 개발하였고 스트링과 스트링 간격은 약 70 mm~80 mm로 설계하여 광투과 및 분산이 가능한 구조이다. Solar simulator로 출력 측정결과 광분산형 모듈(G to G)의 출력값은 261.976 W로 확인되었다. 같은 모듈 면적 기준으로 후면 미스트패턴유리 대신 투명백시트를 적용한 태양광모듈(G to B)은 261.861 W 출력값이 확인되어 이는 개발모듈과 유사한 값이며 광분산효과가 출력에 영향을 미치지 않음을 확인하였다. 또한 본 면적으로는 최대 72개 태양전지를 직렬로 구성할 수 있고 예상되는 출력값은 약 390 W이다. 그러나 스트링간 간격이 2 mm로 좁기 때문에 모듈면적과 여백면적을 나누어 계산했을 때 광투과율은 4% 미만이고 광분산형 모듈은 72개 태양전지 모듈 대비 2/3수준인 약 260 W 출력값을 가질 수 있지만 모듈의 광투과율은 약 35%이며 미스트패턴유리가 후면에 적용되기 때문에 분산효과를 가질 수 있어서 스트링과 스트링 사이 여백을 통해 분산된 빛이 들어와 새싹인삼 재배시 7단화분에 빛을 균일하게 공급할 수 있는 장점이 있다.

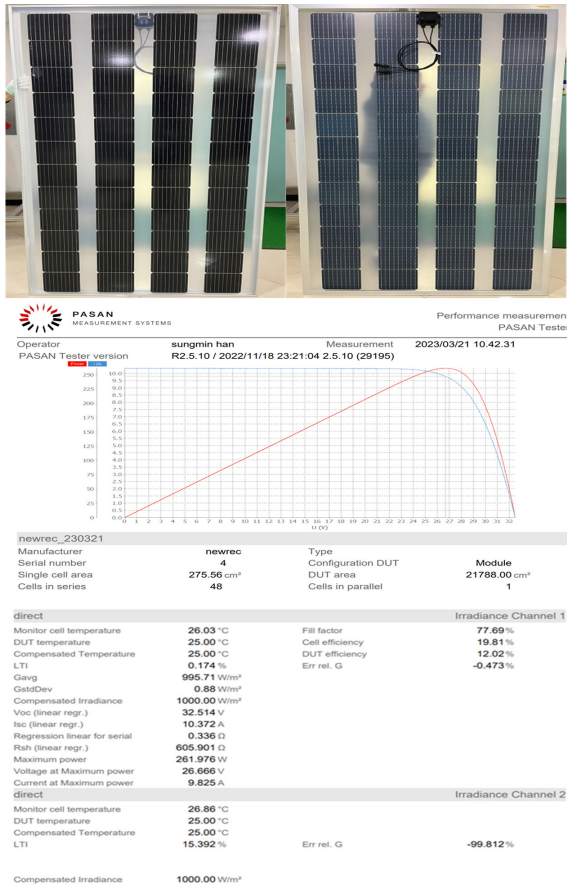






Fig. 8. Output data (260W level secured)

3.2 재배시스템 적용 태양광 모듈의 발전량 및 에너지사용량 분석결과

11월 9일(날씨 흐림)부터 10일(날씨 맑음)까지 4시간 발전량 평가 결과 태양광 발전은 총 15 kWh 발전량을 확인할 수 있었다. 구체적으로 Top방향 10 kWh, 동향 3 kWh, 서향 2 kWh (소수점 첫째자리 반올림)발전하였으며 재배시스템의 총 에너지사용량을 확인할 수 있는 메인 계량기는 9일 22 kWh, 10일 54 kWh로

Table 6. Power generation and energy consumption analysis results

-	2023-11-09 (12 pm) : A	2023-11-10 (12 pm) : B	B - A	Note
Main meter			32 kWh	Energy consumption /day
Solar inverter meter			15 kWh	Power generation /day

계측되었다.

인버터 계량기값을 살펴보면 9일 12시 0 kWh에서 10일 12시 15 kWh로 계측되어 1일 태양광 발전량은 15 kWh이다. 그리고 메인 계량기의 값은 9일 22 kWh에서 10일 52 kWh로 차이값인 32 kWh의 전기가 하루에 소모된 것을 알 수 있다. 메인 계량기는 태양광에서 발생한 전기와 재배시스템에서 사용된 전기의 합이므로 실제로 재배시스템에서 소모된 총 전기에너지는 47 kWh라고 할 수 있다. 이중 태양광 발전에 의하여 발생된 15 kWh가 소모되었고 이를 제외한 32 kWh의 전기를 계통에서 가지고 온 것이 된다. 발전량÷총 에너지소비량(15 kWh/47 kWh×100%)



Fig. 9. Harvesting sprout ginseng

Table 7. Sprout ginseng cultivation, harvest, and ingredient analysis results

Sample	Total saponin content (% , w/w)			
	4-week-old	6-week-old	8-week-old	10-week-old
Mix	6.11 ±0.74	9.76 ±1.22	4.27 ±1.36	5.63 ±0.38
Root	4.26 ±0.81	6.27 ±0.38	4.77 ±1.94	3.00 ±0.55
Stem	10.63 ±2.17	10.63 ±1.55	5.97 ±1.14	9.59 ±1.59

으로 계산하였을 때 약 32%의 에너지가 태양광 발전에 의해 절감되었음을 확인할 수 있었다.

3.3 새싹인삼 재배 및 수확 결과

새싹인삼의 재배기간은 4주~10주로 적용하여 재배 결과 총 7,980뿌리 묘삼을 식재하여 7,784뿌리를 수확하여 수확률 97.54% 확보하였다. 그리고 재배기간 동안 주차별로 새싹인삼의 사포닌 함량을 분석하였는데 6주차에 수확한 새싹인삼의 사포닌 함량이 4주, 8주, 10주 동안 키워진 새싹인삼의 사포닌 함량보다 높게 나옴을 확인할 수 있었다. 이는 태양광 시스템을 통해 광분산된 최소한의 빛(10,000 lux 내외)을 받는 환경조건에서 6주 재배한 새싹인삼의 사포닌 함량이 가장 높아 최적 재배기간으로 확인되며 그 이후 기간 이상으로 햇빛을 더 받는다 고 해서 사포닌 함량이 높아지지 않았으며 오히려 낮게 나옴을 알 수 있었다.

4. 결론

새싹인삼을 재배하기 위한 에너지절감형 재배시스템을 개발하였고 새싹인삼이 성장할 수 있도록 광투과 분산형 태양광 모듈을 개발하였다. 태양광 모듈은 약 2.2m²면적에서 260 W 출력 값을 확인하였고 셀 스트링과 스트링 사이의 여백에서 빛이 투과되며 모듈 후면소재인 미스트 패턴 유리에 의해 광이 분산되어 새싹인삼이 최대한 빛을 균일하게 받게 하였다. 태양광 모듈은 지붕면과 입면(동향, 서향)에 배치하여 총 7.8 kW의 태양광을 구성하였고 에너지 절감율은 1일 기준(23년 11월 9일에서 10일 베트남 호치민 날씨 기준)으로 분석하였을 때 약 32% (발전량÷총 에너지소비량)로 확인되었다. 내부는 7단 화분으로 구성되어 전체 273개의 화분을 설치하여 1개당 약 30개씩 새싹인삼을 식재하였다. 4주에서 10주 동안 총 7,980뿌리 묘삼을 식재하였고 그 중 7,784뿌리를 수확하여 97.54%의 수확률을 확보하였으며 6주차에 재배한 새싹인삼의 사포닌 성분이 가장 높게 나옴을 확인할 수 있었다.

향후 연구에는 개발한 광분산형 모듈과 일반 양면 모듈과의 새싹인삼 재배 비교 실증을 통해 수확률을 면밀히 분석할 예정이다. 또한 에너지 절감율을 높이기 위해서 동/서향 입면에 설치된 태양광의 각도 조절 및 태양광 패널 출력 향상 모델 발굴, 재배 시스템 여유 공간에 추가 모듈 설치 등을 통해 발전량을 높이는 연구, 외벽유리의 단열기능 향상을 위해 복층유리 적용과 내부 에어컨 온도를 18~20°C에서 23~25°C로 비교적 높게 유지하면서 새싹인삼을 재배하여 에너지소비량을 낮추고 동시에 이때 재배된 새싹인삼의 성분 분석 등 연구할 예정이다. 마지막으로 새싹인삼을 수확하여 바로 유통, 판매가 가능한 현지 사업화 구조의 가능성도 고찰 할 예정이다.

후 기

본 연구는 2022년도 농림축산식품부 농림식품기술기획평가원 재원으로 기술사업화지원사업의 일환으로 수행되었습니다(과제번호 : 122063-3).

본 연구는 2021년도 산업통상자원부 한국에너지기술평가원 재원으로 신재생에너지핵심기술개발사업의 일환으로 수행되었습니다(과제번호 : 20213030160270).

References

1. Do-Hee Kim, "Global Warming Effect on Marine Environments and Measure Practices against Global Warming," *Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety*, 16, 421-425 (2010).
2. Taeseong Hahm, "A Study on Issues and Responsive Measures Carbon-Neutrality Law and Policies in South Korea," *Korean Comparative Public Law Association*, 23, 257-283 (2022).
3. Geundae Lee, Deok-oh Lim, "Establishment and Operation of Long-Term LCOE Forecast System for Expansion of Renewable Energy (3/5)," *Korea Energy Economics Institute* (2021).
4. Jeong-Gu Lee, "Photovoltaic policy and technology trend analysis," *Proceedings of the KAIS* (2021).
5. Department of Landscape Architecture and Rural Systems Engineering, Seoul National University, "Agrivoltaic system designing for sustainability and smart farming: Agronomic aspects and design criteria with safety assessment" (2023) <https://www.snu.ac.kr/research/highlights?md=v&bbsidx=144066>. 2023.12.18
6. Lee Sang-ik, "태양에너지 공유를 위한 영농형 태양광 발전, 솔라쉐어링," *Magazine of the Korean Society of Agricultural Engineers*, 61(4), 2-11 (2019).
7. 이투뉴스 유정근 기자, "영농형 태양광 접목한 스마트팜 선보여" (2023) <https://www.e2news.com/news/articleView.html?idxno=255200>. 2023.12.18
8. I-jin choi, Chae-hyo Chung, Sang-kuk Nam, "새싹인삼 수경재배시스템 활용방안," *Proceedings of the Korean Society for Agricultural Machinery*, 24(1), 549-549 (2019).
9. Bong Jae Seong et al., "Changes in Growth, Active Ingredients, and Rheological Properties of Greenhouse-cultivated Ginseng Sprout during its Growth Period," *Korean Journal of Medicinal Crop Science*, 27(2), 126-135 (2019).
10. Jung-Hun So et al., "A modeling and performance comparison of photovoltaic module," *Proceedings of the Korean Institute of Electrical Engineers*, pp. 1128-1129 (2008).