

어젠다코드	4 - 1 - 1		구분	완결	
기술분야코드	V2	기술유형코드	C10	작목구분코드	VC-04-1215
과제종류	기관고유		과제번호	LP004593	
과제명	고추냉이 식물공장 재배환경 제어 기준 설정 연구				
과제책임자	성명		직급	소속기관 및 부서	
	박천규		농업연구사	강원도원 산채연구소	
연구기간	2019 ~ 2021(3년)		참여연구기관	-	
세부과제명			부서	세부책임자	연구기간
1) 고추냉이 재배온도 및 광 환경 기준 설정 연구			산채연구소	박천규	'19~'21
2) 고추냉이 배지 및 양분 환경 기준 설정 연구			산채연구소	박천규	'19~'21
색인용어	환경제어, 고추냉이, 재배환경, 온도, 광				

ABSTRACT

This studies were conducted to selection of the cultivation temperature, the environment basis, the growth medium, the basis to supply nutrient in the *Wasabia japonica* Matsum. The growth characters were more good in the condition of changing temperature $\pm 5^{\circ}\text{C}$ than fixed temperature on the 19°C . The color of leafs was changed strong green and the length of leafstalk was shotten on the high temperature of the 21°C , 23°C than the propper growth temperature on the 19°C . Especially, the new shoots doesn't sprouted on the 23°C . The stop of growth and the bad growth broken out in condition of temperature over 20°C in the Spring. The growth and development decreased on the lower temperature than 10°C in the Autumn. The changing of temperature were the highest on 24°C and the lowest on 13°C in the condition on $18\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ a day. The plant length and leaf area were increased on the temperature $18\pm 3^{\circ}\text{C}$. Photosynthesis speed according to the amount of light were highest on the $200 \mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$ in the temperature of 10°C and when the amount of light increased were maintain the same degree. On the temperature 15°C and 20°C the photosynthesis speed were highest from 100 to $400 \mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$ and when the amount of light increased were decreased the speed of photosynthesis. On the temperature 25°C and 30°C the photosynthesis speed were highest on $400 \mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$ and when the amount of light increased were maintain the speed of photosynthesis. The characters on quality of light were 2 line of blue LED light and 3 line of red LED light when the rate of blue and red light was 1:1.5 and the growth was increased. The plant length, leaf length, leaf area were increased on the amount of light when using the dimming controller on $60 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$. The growth and development according to the growth medium and the pot size were sand and middle size(inner diameter 12cm) pot. The growth and development of wasabi according to the supply through low level of the nutrient broth were increased by order this (bed soil, sand, red clay

ball, decomposition of granite. The growth and development according to the growth medium and the amount of light were increased on the bed soil, the quantum dot LED C and the white LED. The correlation was high on difference from the number of leaf multiplication the leaf length and the average of lowest temperature in the EC over 2.0dS/m. The EC under 1.5dS/m have an advantage for the growth and development in high temperature period. In the Spring and the Autumn has an advantage for the growth and development through maintain high EC content. Especially the growth and development was low in the speed of growth on the EC 1.0dS/m. The plant length, number of leaf, leaf length were increased on the EC 2.5dS/m. The plant length was significance on pH 6.0 and 6.5.

1 연구목표

고추냉이(*Wasabia japonica* Matsum)는 일본이 원산지인 와사비(wasabi)로 불리며 배추과 여러해살이 저온 음지성 향신료 작물로서 쌈채소 및 가공용 잎을 생산하는 발재배와 근경을 생산하는 물재배 방법이 있다. 고추냉이는 시니그린(Sinigrin)과 같은 글루코시놀레이트(glucosinolate)화합물들의 가수분해로 생성되는 알릴 아이소치오시아네이트 화합물들이 매운맛을 나타내며 그 외에 glucose(단맛), KHSO₄(쓴맛)이 있어, 쌈채소용으로 고추냉이 잎이 소비자들로부터 호평을 받고 있어 재배면적이 증가 추세에 있으며, 고추냉이는 항혈전, 천식, 항암, 식중독균 및 장염비브리오균의 살균, 구강세균 억제에 의한 충치예방, 의약품, 화장품, 산업용품 등 활용범위가 넓어 향후 경제적·산업적으로 부가가치가 매우 높은 작물이다. 최근에는 소비자의 수요 및 관심이 증가하는 고부가가치 작물로 알려져 식물공장 적용 작목에 대한 새로운 수요가 발생하고, 근경생산을 위하여 양액재배가 시도되고 있어, 이에 대한 체계적인 재배기술 연구가 필요한 실정이다.

따라서 고추냉이 재배온도 및 광 환경기준 설정과 고추냉이 배지 및 양분 환경 기준 설정을 위하여 수행하였다.

2 재료 및 방법

〈제1세부과제: 고추냉이 재배온도 및 광 환경 기준 설정 연구〉

(시험 1) 고추냉이 재배 온도에 따른 특성 구명

본 연구는 2019년부터 2021년까지 강원도 태백시 고원농업시험장에서 ‘달마종’을 공시하여 변온 2처리(18±3℃, 18±5℃)는 생장상(GC300: Lap companion, DS-330DHC: DAEWON sience)에서 수행하였고, 정온 1처리(냉난방기 이용 19℃)는 실내공간에서 LED광으로 광주기 Day 14/ Night 10 시간을 처리하여 재배하였고, 광포화점 조사는 Licor 6400XT의 Light curve 법을 이용하여 온도 변화, 생존율 및 생육 특성 조사를 수행하였다.

(시험 2) 고추냉이 생육시기별 광량별 생육특성 조사

본 연구는 2019년부터 2021년까지 강원도 태백시 고원농업시험장에서 ‘달마종’을 공시하여 실내공간에서 LED광으로 광주기 Day 14/ Night 10 시간을 조광기(RF semi:RDM-500)를 설치하고 냉난방기를 이용하여 19℃로 설정하여, 광량을 30, 50, 70, 90 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 로 각각 조정하여 생육특성 및 생존율 조사를 수행하였으나, 90 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 에서 광량이 높아 고사하고, 식물체가 성장하면서 광원과 가까워져 광량의 높아지는 단점이 있어 30, 40, 50, 60 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 로 광량을 조정하고, 조광기를 설치하여 성장함에 따라 광량을 조절하였다.

<제2세부과제: 고추냉이 배지 및 양분환경 기준 설정 연구>

(시험 1) 고추냉이 근경용 재배배지 생육 특성 구명

본 연구는 2019년부터 2021년까지 강원도 태백시 고원농업시험장에서 ‘달마종’을 공시하여 상추용 야마자키액을 EC 1.5ds/m, pH 6.0 \pm 0.5, 실내 주야간 냉난방기를 이용하여 19℃로 설정하고, LED광으로 광주기 Day 14/ Night 10 시간을 조사하였고, 점적관수(15분/매 3시간)로 양액을 공급하였으며, 펄라이트와 혼합상토를 처리하여 생육특성 및 생존율 조사를 수행하였다.

(시험 2) 고추냉이 양액농도별 생육특성 구명

본 연구는 2019년부터 2021년까지 강원도 태백시 고원농업시험장에서 ‘달마종’을 공시하여 1중 비닐하우스에 고온기 75% 차광망을 설치하였고, 환기를 시키며, 고설베드에서 분무경시설을 갖추고, 상추용 야마자키액을 pH 6.0 \pm 0.5로 고정하여 EC 농도를 각각 1.0, 1.5, 2.0, 2.5로 처리하여 생육특성 및 생존율 조사를 수행하였다.

(시험 3) 고추냉이 양액 pH 조절에 따른 생육특성 구명

본 연구는 2019년부터 2021년까지 강원도 태백시 고원농업시험장에서 ‘달마종’을 공시하여 상추용 야마자키액 EC 1.5ds/m, 순환식 담액경으로 냉난방기를 이용하여 19℃로 설정하고, LED광으로 광주기 Day 14/ Night 10 시간을 조사하였고, pH는 각각 5.0, 5.5, 6.0, 6.5로 처리하여 생육특성 및 생존율 조사를 수행하였다.

3 결과 및 고찰

<제1세부과제: 고추냉이 재배온도 및 광 환경 기준 설정 연구>

(시험 1) 고추냉이 재배 온도에 따른 특성 구명

고추냉이 재배온도에 따른 특성을 구명하기 위하여 적정 재배온도인 19℃를 주야 정온처리와 \pm 5℃ 변온처리한 결과, 변온처리에서 생육이 양호하였다.

표 1. 온도 처리별 조사내용(2019)

온도 구분	엽수 (개)	초장 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	엽록소 (SPAD)	엽중 (g)	지하중 (g)	지하장 (cm)	지상중 (g)	T/R(F)	지하건중	지상건중	T/R(D)
정온	7.88	21.51	7.27	3.36	35.92	6.77	2.68	18.30	21.33	8.55	0.40	2.36	6.18
변온	9.22	30.42	11.25	14.05	31.91	5.79	3.59	16.87	29.76	9.18	0.54	3.38	6.93

pot크기별 생육특성은 표 2와 같이 초장, 엽장, 엽폭이 pot의 크기가 증가하면 할수록 생육이 양호하였으며, pot가 크면 근권의 확대 및 양분흡수에 유리한 것으로 사료되었다.

표 2. Pot 크기별 조사내용(2019)

화분 크기	엽수 (개)	초장 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	엽록소 (SPAD)	엽중 (g)	지하중 (g)	지하장 (cm)	지상중 (g)	T/R(F)	지하건중	지상건중	T/R(D)
소	7.02	24.67	8.63	9.14	32.41	4.38	2.04	12.21	18.47	9.76	0.34	2.08	6.98
중	9.87	28.87	10.49	12.28	31.51	6.01	3.10	15.94	27.73	9.44	0.50	3.26	7.00
대	9.13	29.18	10.98	12.57	33.80	6.43	3.57	17.16	29.89	9.07	0.55	3.42	6.58
특대	9.77	31.83	11.72	13.64	33.13	7.12	4.92	23.33	36.21	7.96	0.65	3.94	6.56
평균	8.95	28.64	10.46	11.91	32.71	5.99	3.40	17.16	28.07	9.06	0.51	3.18	6.78

※ pot크기: 소(id 11cm), 중(id 12cm), 대(id 14.5cm), 특대(id 25cm)

고추냉이 적정 재배온도인 19℃를 주야 정온처리와 ±5℃ 변온 처리한 온도 변화 양상은 그림 1과 같았다.

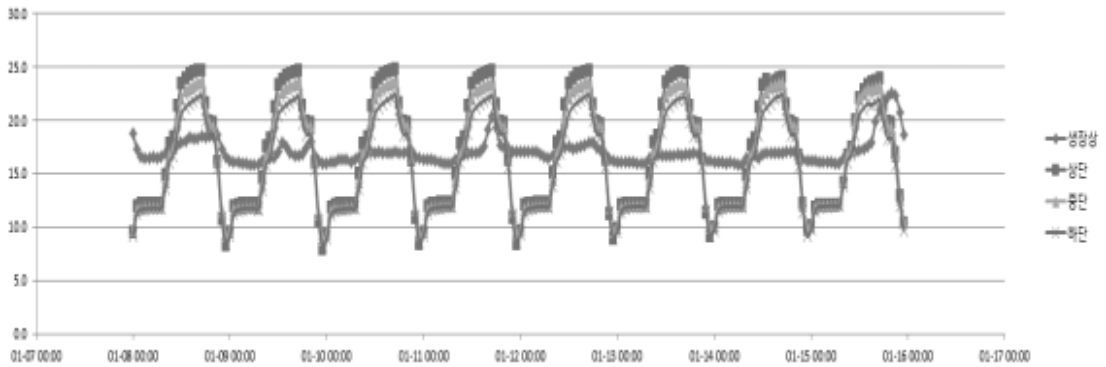


그림 1. 온도 처리별 온도변화(정온-생장상, 변온-상단, 중단, 하단)(2019)

재배적온 보다 높은 21℃(19-21-23-21℃, 8-4-8-4시간, 광 12시간), 23℃(19-23-27-23℃, 8-4-8-4시간, 광 12시간) 생장상을 이용하여 60일 처리시 그림 2와 같이 잎이 짙어지고, 엽병이 짧아지는 현상이 나타났으나, 특히 23℃ 처리시 신초가 거의 발생하지 않았으며, 고온 및 하고에 의한 고사는 일어나지 않았다.

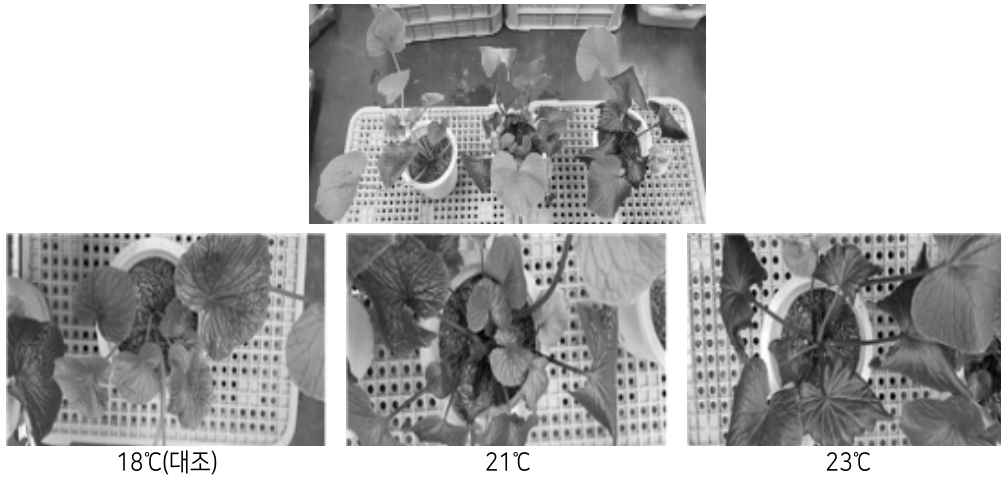


그림 2. 고온처리에 따른 생육 특성(2019)

고추냉이 생육기간 중 봄철 생육특성 비교결과(표 3), 봄철 일평균기온 20℃ 이상에서 생육불량 또는 정지되는 것을 확인할 수 있었으며, 그 시기는 5월 초순에 해당된다.

표 3. 봄철 고추냉이 생육특성 변화(2020)

조사일	4/13	4/20	4/27	5/4	5/11	5/18	5/25	6/1	6/8	6/15	6/22	6/29	7/6	7/13	7/20	7/27
엽수 (매)	2.8	2.8	4.0	6.3	9.2	13.4	18.4	22.5	26.5	32.1	33.7	37.4	40.4	43.6	46.3	47.4
엽록소 (SPAD)	18.3	22.5	24.1	30.2	29.2	30.2	29.8	27.3	26.8	28.5	28.3	29.3	30.6	31.5	30.7	30.6
초장 (cm)	21.8	20.7	19.2	17.3	17.3	17.2	18.2	19.5	19.6	19.9	21.0	21.3	21.7	22.6	23.2	24.0
엽장 (cm)	5.9	6.1	6.2	6.6	6.7	6.6	7.0	7.2	7.2	7.2	7.5	7.6	7.6	7.9	8.0	8.3
주당엽면적 (cm ²)	766	796	840	923	957	1,008	1,111	1,153	1,140	1,101	1,150	1,178	1,178	1,229	1,240	1,313

※ 엽면적 계산: $y = 0.5927x^2 + 3.4066x - 5.8975$ y: 엽면적, x: 엽장, R² = 0.8631**

고추냉이 생육 기간 중 가을철 생육특성 비교결과(표 4), 가을철 일평균기온 10℃ 이하에서 생육이 현저히 낮아지는 것을 확인할 수 있었으며, 그 시기는 10월 초순에 해당된다.

표 4. 가을철 고추냉이 생육특성 변화(2020)

조사일	9/28	10/5	10/12	10/19	10/26	11/3	11/10
엽수 (매)	6.0	8.9	11.8	15.0	19.5	26.7	32.1
엽록소 (SPAD)	23.2	24.4	24.2	23.4	23.8	23.2	22.9

조사일	9/28	10/5	10/12	10/19	10/26	11/3	11/10
초장 (cm)	17.7	14.8	14.2	13.3	12.4	11.1	10.0
엽장 (cm)	6.2	5.4	5.3	5.2	4.8	4.4	4.0
주당엽면적 (cm ²)	223	272	345	432	484	555	565

※ 엽면적 계산: $y = 0.5927x^2 + 3.4066x - 5.8975$ y: 엽면적, x: 엽장, R2= 0.8631**

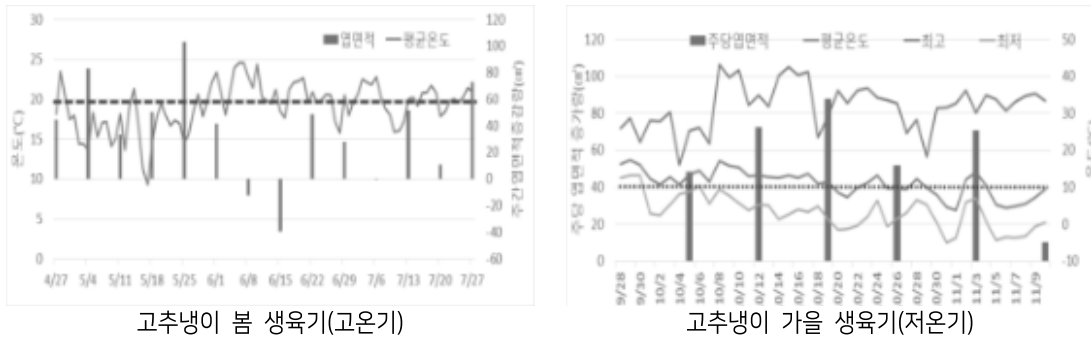


그림 3. 생육 기간 중 주당 엽면적 변화와 온도분포(2020)

고추냉이 식물공장 온도환경 기준설정시 주야간 변온처리에 참고하고자 태백지역의 일평균기온 $18 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 인 날의 일중 온도 분포를 분석한 결과 그림 4와 같이 평균 18°C , 최저기온 13°C , 최고기온 24°C 를 보였다.

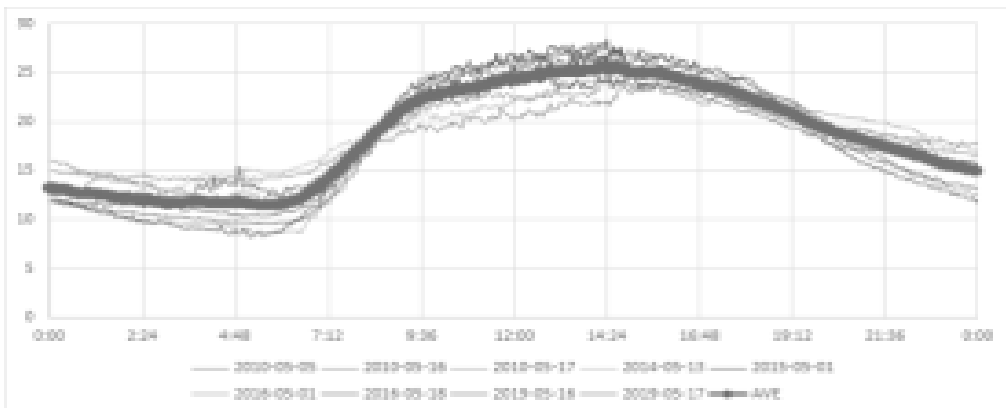


그림 4. 태백 일평균기온 $18 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 인 날의 분별 온도 분포(2020)

온도에 따른 생육특성은 표 5와 같이 유의차가 없었으나, 초장은 $18 \pm 3^\circ\text{C} > 18 \pm 5^\circ\text{C} > 19^\circ\text{C}$ 순으로 증가하였고, 엽면적은 $18 \pm 3^\circ\text{C} > 19^\circ\text{C} > 18 \pm 5^\circ\text{C}$ 순으로 많았으며, 고사주는 발생하지 않았다.

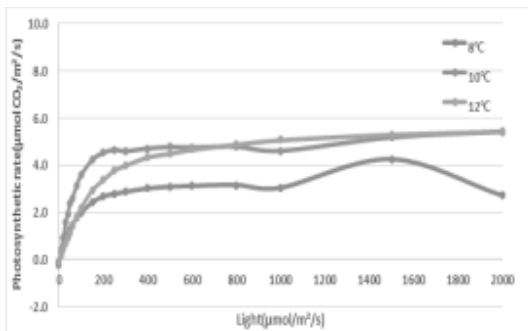
표 5. 정온 및 변온에 따른 생육시기별 고추냉이 생육특성(2021)

온도	생육시기	초장 (cm)	엽수 (매)	엽장 (cm)	엽록소함량 ($\mu\text{mol}/\text{m}^2$)	엽면적 ($\text{cm}^2/\text{주}$)	생존율 (%)
19℃	정식 후 30일	12.6	4.4	3.8	28	58.9	100
	60일	14.3	6.2	4.2	31	89.6	
	75일	15.0	8.6	4.9	32	149.0	
	90일	15.4	10.6	6.0	34	216.8	
	105일	18.6	13.8	6.2	34	340.0	
18±3℃	정식 후 30일	15.0	4.4	4.9	31	69.6	100
	60일	16.5	7.6	5.5	36	126.9	
	75일	18.2	10.2	6.1	37	197.4	
	90일	20.6	11.0	6.5	35	248.9	
	105일	22.7	14.6	7.1	36	354.0	
18±5℃	정식 후 30일	14.0	3.2	4.8	30	53.7	100
	60일	14.9	5.6	4.9	33	94.6	
	75일	17.0	7.2	5.5	34	151.5	
	90일	18.5	10.8	6.6	34	220.0	
	105일	19.3	14.6	6.7	37	336.0	

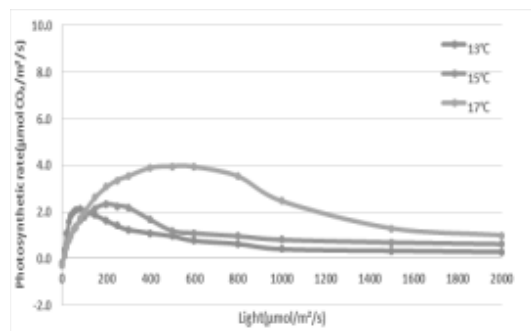
※ 정식일: 5. 6. 엽면적 계산: $Y = 0.5927X^2 + 3.4066X - 5.8975$, Y: 엽면적, x: 엽장, R2: 0.8631**

(시험 2) 고추냉이 생육시기별 광량별 생육특성 조사

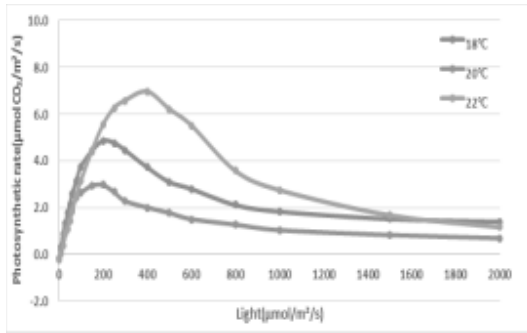
광포화점 및 광환경 기준을 설정하고자 재배온도별, 엽온이 다를 때를 가정하여 광량에 따른 광합성 속도의 관계 그래프를 작성한 결과, 재배 적온에 비해 낮은 10℃에서는 광량 200 $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$ 에서 정점을 나타내었으며, 광량이 많아져도 일정량을 유지하였다. 재배 적온인 15℃, 20℃에서는 100 ~ 400 $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$ 에서 정점을 나타내었으며, 광량이 높아질수록 광합성속도가 감소하였다. 재배 적온보다 높은 25℃, 30℃에서는 400 $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$ 에서 정점을 나타내었으며, 광량이 높아져도 일정량을 유지하는 모습을 나타내었다. 그러나 재배온도 시험과 같이 재배적온 보다 높을 경우 생육이 불량해짐에 따라 온도와 광량에 대한 연구가 추가로 이루어져야 할 것으로 판단된다.



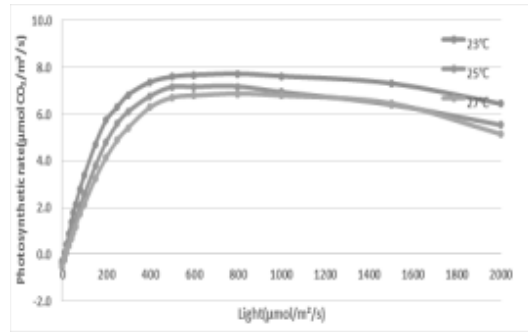
재배온도 10℃, 블록온도 8, 10, 12℃



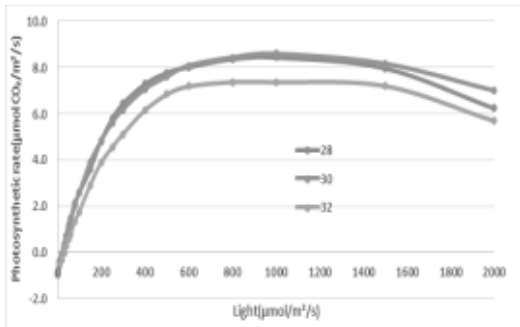
재배온도 15℃, 블록온도 13, 15, 17℃



재배온도 20°C, 블록온도 18, 20, 22°C



재배온도 25°C, 블록온도 23, 25, 27°C



재배온도 30°C, 블록온도 28, 30, 32°C

그림 5. 재배온도별 Light Curve(2019)

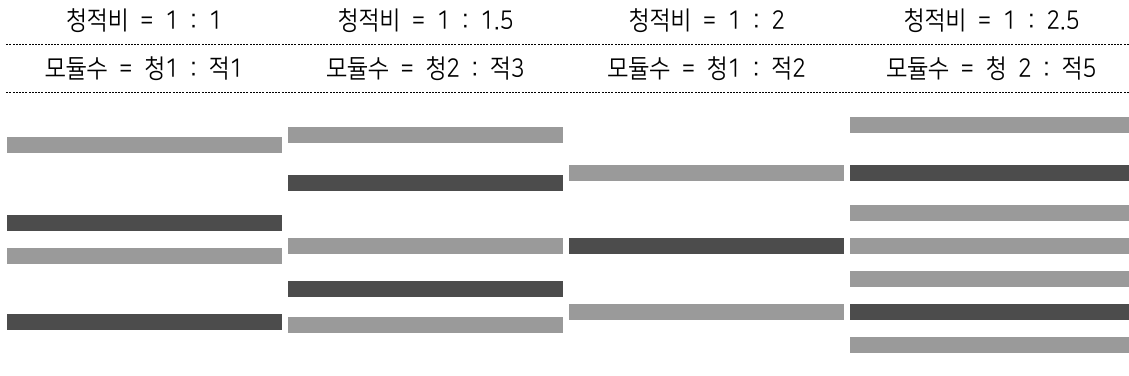


그림 6. 청색과 적색 비율에 따른 LED 제작(2020)

기존 제품 중 시험에 필요한 청적 비율로 제조 판매되는 제품이 없어, 스펙트럼별 처리를 위해 청색 LED bar와 적색 LED bar로 구성된 조명을 그림 6과 같이 제작하여 수행하였으며, 제작비율은 청적 1:1 ~ 1:2.5 까지 구성하였다. 스펙트럼 분석기(UPRtek PG200N)를 이용하여 분석한 결과 기대하던 청적비와는 달리 그림 7과 같이 청색이 높게 나타났다.

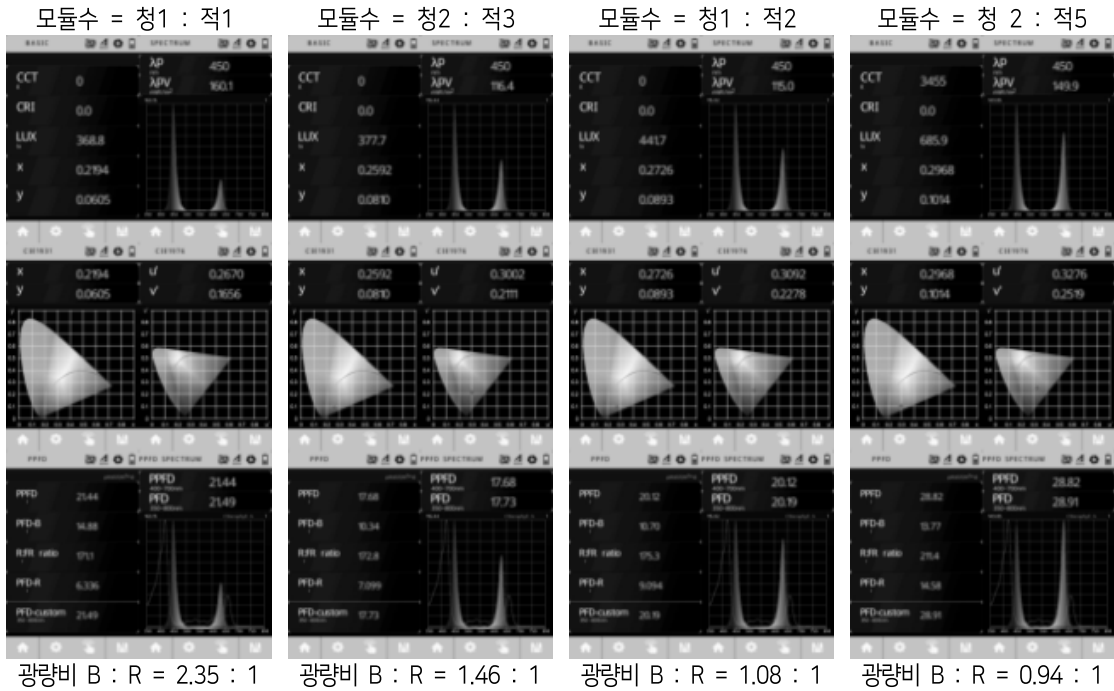


그림 7. 광 스펙트럼 분석기에 의한 분석결과(2020)

광질에 대한 고추냉이 생육 특성을 분석하고자 LED 적색광과 청색광을 이용하여 고추냉이를 재배한 결과, 청적 비율 1:1.5, 청색광 LED 2줄 적색광 LED 3줄로 이루어진 처리에서 생육이 양호하였으며, 광량별 청색과 적색의 PPFD비율은 1.46: 1로 나타났다.

청적비	엽수	초장(J)	엽장	생존율(%)
1:1	40.6	7.8 b	3.2 b	88%
1:1.5	34.6	11.8 a	4.5 a	100%
1:2	27.4	9.8 a	3.7 b	88%
1:2.5	24.3	8.5 b	3.3 b	75%

J DMRT: 0.05

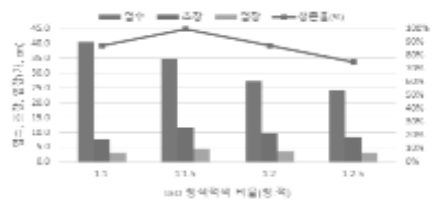


그림 8. 광 스펙트럼에 따른 고추냉이 생육 특성(2020)

표 6. 광량에 따른 생육시기별 고추냉이 생육특성(2021)

광량($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)	생육시기	초장(cm)	엽수(매)	엽장(cm)	엽록소함량($\mu\text{mol}/\text{m}^2$)	엽면적($\text{cm}^2/\text{주}$)	생존율(%)
30	정식 후 30일	16.0	6.9	4.6	30.7	95.6	100
	75일	20.3	9.6	6.2	33.0	198.6	
	90일	21.8	10.4	7.5	33.2	246.1	
	105일	22.7	11.5	8.2	33.8	314.5	
	120일	26.2	14.1	9.2	35.3	464.7	
	135일	27.5	17.3	9.6	35.3	581.6	

광량($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)	생육시기	초장(cm)	엽수(매)	엽장(cm)	엽록소함량($\mu\text{mol}/\text{m}^2$)	엽면적($\text{cm}^2/\text{주}$)	생존율(%)
50	정식 후 30일	20.4	7.6	5.4	35.0	147.6	100
	75일	22.3	9.8	6.4	36.6	253.5	
	90일	22.1	11.3	6.7	36.7	280.9	
	105일	21.9	12.9	6.9	35.2	342.9	
	120일	24.0	16.9	7.5	37.1	442.7	
	135일	24.1	20.4	7.6	36.1	548.5	
70	정식 후 30일	19.0	7.4	5.3	30.8	117.1	100
	75일	20.4	10.5	6.5	35.3	227.7	
	90일	20.7	11.8	7.0	36.0	298.6	
	105일	20.9	12.9	7.6	37.3	369.8	
	120일	22.4	16.9	8.4	36.5	501.2	
	135일	22.9	20.4	8.7	35.8	605.4	
90	정식 후 30일	16.2	6.8	4.4	29.7	98.7	94
	75일	18.1	9.0	6.1	33.7	167.4	
	90일	18.1	10.0	5.6	33.9	185.9	
	105일	18.4	10.5	6.7	34.2	234.4	
	120일	19.2	13.0	7.2	38.4	275.5	
	135일	19.7	15.6	7.2	37.6	351.4	

※ 정식일: 1. 11., 광조건: 고정형 전등, White LED 전등, 14시간조명, 10시간 암기
 엽면적 계산: $Y = 0.5927X^2 + 3.4066X - 5.8975$, Y: 엽면적, x: 엽장, R²: 0.8631**

고정형 전등 사용시 생육특성은 유의성은 없었으나, 표 6에서와 같이 초장과 엽장은 $30\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 에서 컸으며, 엽수는 50, $70\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 많았다. $90\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 에서 고사주가 발생하였으며, 이는 고추냉이가 음지식물이고, 따라서 많은 광량을 요구하지 않음을 알수 있었다.

조광기 설치 후 표 7에서와 같이 초장, 엽장, 엽면적은 $60\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 에서 유의하게 증가하였으며, 엽수와 엽록소함량은 유의성이 없었다. 따라서 인공광을 조사할 경우에는 $60\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 로 조절해 주면 좋을 것으로 사료된다.

표 7. 광량에 따른 생육시기별 고추냉이 생육특성(2021)

광량($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)	생육시기	초장(cm)	엽수(매)	엽장(cm)	엽록소함량($\mu\text{mol}/\text{m}^2$)	엽면적($\text{cm}^2/\text{주}$)	생존율(%)
30	정식 후 30일	12.7	4.1	3.8	30.4	50.9	100
	60일	21.9	6.4	6.4	31.3	145.9	
	75일	23.7	7.5	7.3	31.5	220.0	
	90일	27.7	9.8	8.3	33.3	291.5	
	105일	32.0b	12.1	10.3b	33.3	504.5c	
40	정식 후 30일	13.8	4.0	4.2	29.9	49.3	100
	60일	19.3	6.9	6.1	33.3	150.1	
	75일	21.6	8.9	7.1	31.7	230.3	
	90일	24.4	12.1	7.6	35.0	362.6	
	105일	28.0b	14.9	8.6d	35.0	528.4ab	

광량 ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)	생육시기	초장 (cm)	엽수 (매)	엽장 (cm)	엽록소함량 ($\mu\text{mol}/\text{m}^2$)	엽면적 ($\text{cm}^2/\text{주}$)	생존율 (%)
50	정식 후 30일	12.8	3.9	4.0	29.9	50.3	100
	60일	19.2	6.1	6.7	32.6	150.8	
	75일	22.3	7.6	7.5	31.6	222.0	
	90일	26.0	9.8	8.5	34.5	324.8	
	105일	28.4b	11.8	9.8c	35.4	527.9b	
60	정식 후 30일	13.6	4.3	4.3	25.7	51.5	100
	60일	21.9	6.6	7.4	29.9	177.6	
	75일	26.2	8.5	8.4	31.1	285.2	
	90일	28.8	10.4	9.3	34.6	436.4	
	105일	32.7a	12.4	11.2a	35.5	615.2a	

※ 정식일: 5. 6., 광조건: 조광기 설치, White LED 전등, 14시간조명, 10시간 암기
 엽면적 계산: $Y = 0.5927X^2 + 3.4066X - 5.8975$, Y: 엽면적, x: 엽장, R²: 0.8631**

* DMRT 0.05

〈제2세부과제: 고추냉이 배지 및 양분환경 기준 설정 연구〉

(시험 1) 고추냉이 근경용 재배배지 생육 특성 구명

고추냉이 배지와 Pot 크기별 생육 특성을 구명한 결과, 배지의 경우(표 8), 대조인 마사와 비교했을 때 상토처리가 가장 양호하였다.

고추냉이 재배 Pot 크기에 따른 생육 특성을 1주 간격으로 조사한 결과(표 9), 성장속도가 비슷하여 Pot 크기에 따른 통계적인 유의한 차이가 나타나지 않았다. 오히려, 수분공급 및 양분 공급에 의한 생육 차가 있으나, 이는 배지 및 크기에 관계없이 영향을 미치고 있었으며, 황토볼은 건조에 약한 것으로 나타났다.

광원 및 배지 종류에 따른 생육특성은 (표 10)에서와 같이 광원의 종류에 따른 생육은 퀴텀닷 C, B가 대체로 양호하였으며, 배지 종류에 따른 생육은 상토가 대체로 양호하였다. 이는 상토가 펄라이트에 비해 수분을 오래 붙잡고 있어서 건조에 유리한 것으로 사료된다.

표 8. 재배 배지에 따른 생육 특성 변화(2020)

구분	배지	조사일							
		1/20	3/2	3/9	3/16	3/23	3/30	4/6	6/1
엽수	마 사	4.7a	7.5a	7.6a	8.4a	8.6a	9.5a	9.8a	12.2a
	상 토	5.0a	7.8a	8.5a	8.9a	9.2a	9.8a	9.9a	12.8a
	황토볼	5.4a	7.8a	8.1a	8.4a	8.7a	9.1a	9.3a	12.2a
	모 래	5.3a	7.8a	8.4a	8.9a	9.3a	9.0a	9.0a	11.5a
초장	마 사	19.9a	21.6a	21.4a	21.8a	22.2a	22.7ab	22.6b	24.4b
	상 토	17.9a	21.5a	22.5a	22.9a	24.8a	24.7a	25.0a	27.5a
	황토볼	19.1a	21.0a	21.5a	21.1ab	21.6b	22.1b	22.3b	24.4b
	모 래	19.0a	20.5a	20.4a	20.1b	21.6b	23.1ab	22.6b	26.0ab

구분	배지	조사일							
		1/20	3/2	3/9	3/16	3/23	3/30	4/6	6/1
엽장	마 사	5.2a	6.7a	6.8b	6.9b	7.1b	7.3b	7.3b	7.9c
	상 토	5.3a	7.8a	8.1a	8.3a	9.1a	9.1a	9.3a	9.8a
	황토볼	5.4a	6.9a	6.9b	6.9b	7.1b	7.3b	7.5b	8.4bc
	모 래	5.3a	6.8a	6.8b	6.8b	7.3b	7.6b	7.6b	9.1ab

* DMRT 0.05

표 9. 고추냉이 재배 Pot 크기에 따른 생육특성 변화(2020)

구분	Pot크기	조사일							
		1/20	3/2	3/9	3/16	3/23	3/30	4/6	6/1
엽수	소	4.9	7.9	8.3	8.9	9.1	9.8	9.7	11.9
	중	5.3	7.8	8.2	8.7	9.1	8.9	9.3	11.8
	대	5.1	7.4	7.9	7.4	8.6	9.3	9.6	12.8
초장	소	19.2	20.8	21.1	21.3	21.7	22.8	22.4	24.8
	중	18.4	20.4	21.0	20.9	22.6	23.2	23.6	25.8
	대	19.4	22.2	22.3	22.2	23.3	23.4	23.3	26.1
엽장	소	5.3	6.9	7.1	7.2	7.4	7.8	7.8	8.5
	중	5.2	7.0	7.1	7.2	7.8	7.8	8.0	8.8
	대	5.4	7.3	7.3	7.4	7.8	7.9	8.0	9.1

표 10. 배지 및 광원 종류에 따른 고추냉이 생육특성(2021)

배지	광원	초장 (cm)	엽수 (매)	엽장 (cm)	엽록소함량 ($\mu\text{mol}/\text{m}^2$)	엽면적 ($\text{cm}^2/\text{주}$)	생존율 (%)
상토	White LED	39.1ab	19.0	12.0	34.0	1546.6	91.6
	Red, Blue LED	33.2b	17.0	11.3	34.8	1063.2	100
	퀀텀닷 B	28.5c	17.3	10.7	34.0	794.7	63.7
	퀀텀닷 C	40.9a	25.3	13.5	40.0	2191.1	58.3
펄라이트1	White LED	25.3	10.8	9.3	31.4	462.7	100
	Red, Blue LED	26.9	7.5	8.1	36.7	302.6	91.6
	퀀텀닷 B	33.5	11.5	12.2	29.8	850.3	100
	퀀텀닷 C	31.3	12.3	9.1	32.5	696.6	91.6
펄라이트2	White LED	27.6	9.8	8.3	33.4	363.7	100
	Red, Blue LED	20.9	6.3	6.8	33.4	198.1	91.6
	퀀텀닷 B	28.0	17.0	9.8	34.9	882.2	90.9
	퀀텀닷 C	32.5	18.8	11.0	31.0	1330.6	91.6

※ 정식일: 2020. 8.28., 조사일: 2021. 9. 23.(실내), 일조시간 14시간, 암기 10시간, *DMRT 0.05

(시험 2) 고추냉이 양액농도별 생육특성 구명

양액농도에 따른 생육 특성과 하우스내 온도변화를 분석한 결과(표 11), 양액농도별 엽수×엽장 차이의 변화와 시기별 평균온도를 비교하였을 때 고온기와 적온기에서 차이를 보였으며, 이를 수치화

하고자 상관분석을 하였다. 상관분석결과 양액농도 2.0 dS/m 이상의 엽수×엽장의 차이와 시기별 최저 대기온도의 평균에서 높은 상관관계를 나타내었다.

표 11. 조사시기별 엽수×엽장과 대기온도, 배지온도와의 상관분석(2019)

	1.0 dS/m	1.5 dS/m	2.0 dS/m	2.5 dS/m	Ta_ ave	Ta_ max	Ta_ min	Ts_ ave	Ts_ max	Ts_ min
1.0 dS/m	1.000									
1.5 dS/m	0.773	1.000								
2.0 dS/m	0.838	0.876	1.000							
2.5 dS/m	0.720	0.640	0.785	1.000						
Ta_ave	-0.172	-0.324	-0.406	-0.379	1.000					
Ta_max	-0.091	-0.147	-0.225	-0.154	0.844	1.000				
Ta_min	-0.199	-0.386	-0.447	-0.450	0.908	0.551	1.000			
Ts_ave	-0.152	-0.316	-0.404	-0.386	0.993	0.783	0.947	1.000		
Ts_max	-0.127	-0.280	-0.381	-0.340	0.995	0.854	0.893	0.988	1.000	
Ts_min	-0.160	-0.336	-0.409	-0.413	0.964	0.682	0.984	0.987	0.953	1.000

표 12. 봄철 고추냉이 양액 농도에 따른 생육특성 변화(2020)

구분	조사일					
	양액농도	4/13	5/4	6/1	6/29	7/27
엽수	1.0 dS/m	3.0 a	6.6 ab	23.3 a	42.1 a	53.3 a
	1.5 dS/m	2.5 a	5.6 b	21.0 a	36.1 a	46.0 a
	2.0 dS/m	2.7 a	7.0 a	24.8 a	35.4 a	44.3 a
	2.5 dS/m	2.9 a	5.9 ab	21.1 a	36.3 a	45.9 a
엽록소	1.0 dS/m	17.0 b	26.1 c	25.1 c	29.2 ab	30.8 a
	1.5 dS/m	18.1 b	29.9 b	25.4 bc	27.9 b	29.1 a
	2.0 dS/m	17.5 b	31.5 ab	28.7 ab	29.3 ab	31.0 a
	2.5 dS/m	20.8 a	33.4 a	30.0 a	30.6 a	31.5 a
초장	1.0 dS/m	21.0 ab	18.2 a	19.0 a	21.3 ab	24.5 ab
	1.5 dS/m	20.0 b	17.1 a	18.8 a	20.2 b	23.5 b
	2.0 dS/m	23.9 a	16.5 a	20.0 a	21.1 ab	22.2 b
	2.5 dS/m	22.4 ab	17.4 a	20.3 a	22.5 a	25.7 a
엽장	1.0 dS/m	5.8 a	6.8 a	7.0 ab	7.5 ab	8.3 b
	1.5 dS/m	5.9 a	6.7 a	6.9 b	7.3 b	8.1 b
	2.0 dS/m	6.3 a	6.0 a	7.0 ab	7.3 b	7.6 b
	2.5 dS/m	5.8 a	6.7 a	7.9 a	8.4 a	9.2 a
엽면적	1.0 dS/m	111 a	285 a	1,262 a	2,526 a	3,726 a
	1.5 dS/m	93 a	252 a	1,073 a	1,952 b	2,973 ab
	2.0 dS/m	107 a	260 a	1,252 a	1,906 b	2,575 b
	2.5 dS/m	105 a	228 a	1,272 a	2,554 a	3,668 ab

* DMRT 0.05

고온기 재배시 1.5 이하의 낮은 양액농도를 유지하는 것이 생육에 유리하였으며, 봄철(고온기) 고추냉이 양액 농도에 따른 생육특성 조사 결과 양액농도가 높을수록 생육이 양호하였으나, 2020년 고온기인 여름철 유래 없이 긴 장마로 대체적으로 온도가 낮아 양액농도 처리에 따른 고온기 효과가 나타나지 않았다. 봄철(고온기) 고추냉이 재배 비가림하우스 온도 특성은 그림 9와 같이 6월 이후 일평균 기온이 20℃ 이상으로 고온기가 형성되었다.

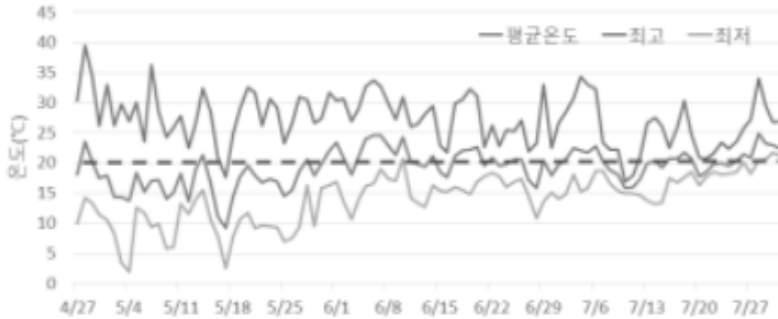


그림 9. 봄철 고추냉이 재배 비가림 하우스 온도 변화(2020)

표 13. 가을철 고추냉이 양액 농도에 따른 생육특성 변화(2020)

구분	조사일 양액농도	9/28	10/5	10/12	10/19	10/26	11/3	11/10
		엽수	1.0 dS/m	5.7 a	7.8 b	9.7 b	12.1 b	14.6 b
	1.5 dS/m	6.2 a	9.7 a	12.4 a	15.7 a	20.9 a	27.7 a	35.1 a
	2.0 dS/m	6.1 a	9.7 a	12.2 a	15.7 a	20.9 a	29.4 a	33.2 a
	2.5 dS/m	6.1 a	8.6 ab	12.7 a	16.4 a	21.7 c	29.9 a	37.2 a
엽록소	1.0 dS/m	23.6 a	24.2 a	23.7 a	21.7 c	22.3 b	20.7 b	20.9 b
	1.5 dS/m	23.0 a	24.4 a	23.7 b	23.7 b	23.5 ab	23.9 a	23.2 ab
	2.0 dS/m	23.2 a	24.9 a	23.9 b	23.2 b	24.3 a	23.8 a	23.8 a
	2.5 dS/m	23.0 a	24.1 a	25.4 b	25.2 a	25.1 a	24.4 a	23.9 a
초장	1.0 dS/m	18.2 a	15.4 a	14.6 a	12.8 a	11.0 b	10.0 b	8.2 c
	1.5 dS/m	17.3 a	14.1 b	14.0 a	13.3 a	12.5 a	11.3 a	10.0 b
	2.0 dS/m	17.8 a	14.5 ab	14.3 a	13.7 a	12.9 a	11.3 a	10.6 ab
	2.5 dS/m	17.6 a	15.4 a	14.0 a	13.5 a	13.0 a	11.9 a	11.2 a
엽장	1.0 dS/m	6.2 ab	5.4 ab	5.3 a	4.8 b	4.2 c	3.8 c	3.3 c
	1.5 dS/m	5.9 ab	5.1 b	5.2 a	5.1 ab	4.8 b	4.5 b	4.0 b
	2.0 dS/m	6.2 b	5.3 b	5.3 a	5.3 a	5.0 ab	4.5 b	4.2 b
	2.5 dS/m	6.4 a	5.7 a	5.4 a	5.4 a	5.3 a	4.9 a	4.6 a
주당 엽면적	1.0 dS/m	204 b	234 b	266 b	288 c	285 c	301 b	265 c
	1.5 dS/m	215 ab	267 a	360 a	436 b	514 b	598 a	613 b
	2.0 dS/m	236 a	292 a	366 a	489 ab	539 ab	642 a	638 b
	2.5 dS/m	238 a	295 a	387 a	516 a	599 a	679 a	746 a

* DMRT 0.05

가을철(저온기) 고추냉이 양액 농도에 따른 생육특성 조사 결과(표 13) 저온기는 양액농도가 높을수록 생육속도가 양호하였으며, 특히 1.0 dS/m에서 매우 낮은 성장속도를 나타내었다. 가을철(저온기) 고추냉이 재배 비가림하우스 온도 특성은 그림 10과 같이 10월 이후 일평균기온이 10℃ 이하로 저온기가 형성되었다.

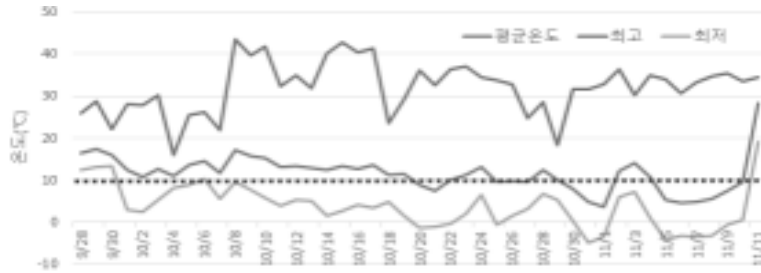


그림 10. 가을철 고추냉이 재배 비가림 하우스 온도 변화(2020)

표 18. 공급양액의 EC 농도에 따른 생육시기별 고추냉이 생육특성(2021)

EC농도 (dS/m)	생육시기	초장 (cm)	엽수 (매)	엽장 (cm)	생존율 (%)
1.0	정식 일	9.2	2.3	3.1	97.0
	정식 후 30일	10.1	4.2	3.5	
	60일	10.5	5.5	3.9	
	90일	10.4	4.5	4.1	
	120일	11.2	4.4	4.6	
1.5	정식 일	9.0	2.4	3.1	100
	정식 후 30일	10.6	5.8	4.3	
	60일	11.6	6.3	4.7	
	90일	11.4	6.0	4.9	
	120일	12.0	6.8	4.9	
2.0	정식 일	9.3	2.2	3.1	95.4
	정식 후 30일	10.8	4.4	4.3	
	60일	11.6	6.1	4.8	
	90일	9.9	5.4	4.5	
	120일	10.3	6.2	4.7	
2.5	정식 일	9.0	2.5	3.0	100
	정식 후 30일	9.8	4.5	3.4	
	60일	12.0	6.7	4.4	
	90일	11.0	5.1	4.9	
	120일	12.4	5.7	5.6	

※ 정식일: 5. 26.(비가림하우스)

EC농도에 따른 생육특성은 초장, 엽수, 엽장 모두 유의성은 없었으나, EC가 2.5일 때 양호하였다. 이식 초기에는 농도가 낮은 EC 1.0에서 유리하였으나, 활착이 된 1개월 후부터는 EC 2.5에서 생장이 빨랐다.

(시험 3) 고추냉이 양액 PH 조절에 따른 생육특성 구명

pH에 따른 생육 특성 구명은 초장에서 pH가 6.0, 6.5일 때 유의하게 생육이 양호하였고, 고사주는 발생하지 않았다. 대체적으로 pH가 미산성 또는 약산성일 때 이온의 흡수가 원활한 것을 확인할 수 있었다.

표 19. 공급 양액의 pH 농도에 따른 생육시기별 고추냉이 생육특성(2021)

pH 농도	생육시기	초장 (cm)	엽수 (매)	엽장 (cm)	생존율 (%)
5.0	정식 일	8.2	2.5	2.9	100
	정식 후 30일	12.4	3.8	3.9	
	60일	16.7	5.0	5.4	
	90일	17.4	5.2	5.9	
	120일	17.5c	5.2	5.9	
5.5	정식 일	8.8	2.4	3.2	100
	정식 후 30일	13.6	4.3	4.5	
	60일	17.0	5.6	5.6	
	90일	18.0	6.3	6.5	
	120일	18.6b	6.7	6.5	
6.0	정식 일	9.3	2.7	3.1	100
	정식 후 30일	16.7	4.5	5.0	
	60일	20.0	5.7	6.5	
	90일	20.2	5.7	6.8	
	120일	20.6a	5.8	6.8	
6.5	정식 일	9.4	2.4	3.1	100
	정식 후 30일	15.9	4.2	4.9	
	60일	18.3	5.7	6.0	
	90일	18.9	6.3	6.5	
	120일	19.2ab	6.7	6.5	

* DMRT 0.05

4 적 요

<제1세부과제: 고추냉이 재배온도 및 광 환경 기준 설정 연구>

(시험 1) 고추냉이 재배 온도에 따른 특성 구명

- 가. 고추냉이 재배온도에 따른 특성을 구명하기 위하여 적정 재배온도인 19℃를 주야 정온처리와 ±5℃ 변온 처리한 결과, 변온처리에서 생육이 양호하였음
- 나. 재배적온 보다 높은 21℃, 23℃ 60일 처리시 잎이 질어지고, 엽병이 짧아지는 현상이 나타났으나, 특히 23℃ 처리시 신초가 거의 발생하지 않았음

- 다. 봄철 일평균기온 20℃ 이상에서 생육불량 또는 정지되는 것을 확인할 수 있었으며, 가을철 일평균기온 10℃ 이하에서 생육이 현저히 낮아지는 것을 확인할 수 있었음
- 라. 태백지역의 일평균기온 $18 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 인 날의 온도분포를 분석한 결과 평균 18℃, 최저기온 13℃, 최고기온 24℃를 나타냈음
- 마. 온도에 따른 생육특성 중 초장과 엽면적은 $18 \pm 3^\circ\text{C}$ 에서 크고, 많았음

(시험 2) 고추냉이 생육시기별 광량별 생육특성 조사

- 가. 재배온도별, 엽면이 다를 때를 가정하여 광량에 따른 광합성 속도의 관계 그래프를 작성한 결과, 재배 적온에 비해 낮은 10℃에서는 광량 200 $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$ 에서 정점을 나타내었으며, 광량이 많아져도 일정량을 유지하였음
- 나. 재배 적온인 15℃, 20℃에서는 100 ~ 400 $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$ 에서 정점을 나타내었으며, 광량이 높아질수록 광합성속도가 감소하였음
- 다. 재배 적온보다 높은 25℃, 30℃에서는 400 $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$ 에서 정점을 나타내었으며, 광량이 높아져도 일정량을 유지하는 모습을 나타내었음
- 라. 광질에 대한 고추냉이 생육 특성은 청적 비율 1:1.5, 청색광 LED 2줄 적색광 LED 3줄로 이루어진 처리에서 생육이 양호하게 나타났으며, 광량별 청색과 적색의 PPF비율은 1.46: 1로 나타났음
- 마. 조광기 설치 후 초장, 엽장, 엽면적은 60 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 에서 유의하게 증가하였으며, 인공광을 조사할 경우에는 60 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 로 조절해 주면 좋을 것으로 사료됨

<제2세부과제: 고추냉이 배지 및 양분환경 기준 설정 연구>

(시험 1) 고추냉이 근경용 재배배지 생육 특성 구명

- 가. 고추냉이 배지와 Pot 크기별 생육 특성은 대조인 마사와 비교했을 때 모래처리가 가장 양호하였음
- 나. Pot 크기의 경우, 크기 중에서 가장 양호한 것으로 나타났음
- 다. 저면 관수를 이용한 재배 배지에 따른 고추냉이 생육은 상토, 모래, 황토볼, 마사의 순으로 생육이 양호하였음
- 라. 배지 종류에 따른 생육은 상토에서 퀘텡닷 C와 white LED처리에서 양호하였다. 따라서 경제성을 고려하면 white LED가 유리할 것으로 사료됨

(시험 2) 고추냉이 양액농도별 생육특성 구명

- 가. 양액농도 2.0 dS/m 이상의 엽수×엽장의 차이와 시기별 최저 대기온도의 평균에서 높은 상관관계를 나타내었음
- 나. 고온기 재배시 1.5 이하의 낮은 양액농도를 유지하는 것이 생육에 유리하였음
- 다. 봄철(고온기) 양액농도가 높을수록 생육속도가 양호하였음

- 마. 가을철 (저온기) 양액농도가 높을수록 생육속도가 양호하였으며, 특히 1.0 dS/m에서 매우 낮은 성장속도를 나타내었음
- 바. EC농도에 따른 생육특성은 초장, 엽수, 엽장 모두 EC가 2.5일 때 양호하였음

(시험 3) 고추냉이 양액 pH 조절에 따른 생육특성 구명

- 가. pH에 따른 생육 특성 구명은 초장에서 pH가 6.0, 6.5일 때 유의하게 생육이 양호하였고, 고사 주는 발생하지 않았음

5 인용문헌

강원도농업기술원. 2014. 쌈채소용 고추냉이 재배와 이용현장 매뉴얼. III 쌈채소용 고추냉이 재배방법. 강원도농업기술원. pp. 14-36.

농촌진흥청. 농업기술길잡이 122. 새로운자원작물. 제2장 고추냉이. pp. 29-45.

문정섭, 최동철. 2003. 고추냉이 재배기술. pp. 176-186.

변학수. 1993. 고추냉이 물 재배기술 확립 시험. 연구보고서. pp. 136-147.

이성우, 안병옥. 1995. 고추냉이(와사비)재배법. 농진회. pp. 6-44.

6 연구결과 활용

연도(연차)	활용방안	제 목
2019(1년)	영농정보	고추냉이 생육기 재배 적정 양액 농도
	영농정보	고추냉이 물재배용 종묘 생산 기술
	영농정보	고추냉이 완숙종자 채종 기술
2020(2년)	영농정보	고추냉이 식물공장 변돈 모델 제시
	영농정보	고추냉이 계절별 적정 양액농도 기준
2021(3년)	영농정보	고추냉이 실내재배를 위한 조광기 설치로 광 기준 조정

성과지표명		연도		1년차(2019)		2년차(2020)		3년차(2021)		계	
		목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적		
영농 활용	기술			1				1			
	정보	1	3		2	1	1	2	1	6	
홍보						1	9	1	10		
계		1	3	1	2	2	1	4	16		

7 연구원 편성

구분	소속	직급	성명	수행업무	참여년도		
					'19	'20	'21
과제책임자	산채연구소	농업연구사	박천규	과제 총괄	-	-	○
1세부책임자	산채연구소	농업연구사	박천규	세부주관 수행	-	-	○
공동연구자	농식품연구소	농업연구사	김경대	세부주관 수행	○	○	-
	산채연구소	농업연구사	김영진	시험연구 자문	-	-	○
	산채연구소	농업연구관	최성진	시험수행 지원	-	-	○
	산채연구소	운전서기	이정운	생육조사 지원	○	○	○
	산채연구소	기계서기보	장재용	생육조사 지원	-	-	○
	작물연구과	농업연구관	김용복	시험수행 지원	-	○	-
2세부책임자	산채연구소	농업연구사	박천규	세부주관 수행	-	-	○
공동연구자	농식품연구소	농업연구사	김경대	세부주관 수행	○	○	-
	산채연구소	농업연구사	김영진	시험연구 자문	-	-	○
	산채연구소	농업연구관	최성진	시험수행 지원	-	-	○
	산채연구소	운전서기	이정운	생육조사 지원	○	○	○
	산채연구소	기계서기보	장재용	생육조사 지원	-	-	○
	작물연구과	농업연구관	김용복	시험수행 지원	-	○	-