

외부 광환경 및 생육도일온도가 딸기 생산량에 미치는 영향

이태석^{1*} · 김진구¹ · 박석호² · 이재한¹ · 한길수³ · 문종필⁴

¹농촌진흥청 국립원예특작과학원 시설원예연구소 연구사, ²농촌진흥청 국립농업과학원 발농업기계화연구팀 연구관,
³농촌진흥청 국립원예특작과학원 시설원예연구소 연구관, ⁴농촌진흥청 국립농업과학원 에너지환경공학과 연구사

Effect of External Light Environment and Growing Degree Days on Strawberry Production

Taeseok Lee^{1*}, Jingu Kim¹, Seokho Park², Jaehan Lee¹, Kilsu Han³, and Jongpil Moon⁴

¹Researcher, Protected Horticulture Research Institute, NIHHS, RDA, Haman 52054, Korea

²Senior Researcher, Upland Mechanization Team, NIAS, RDA, Jeonju 54875, Korea

³Senior Researcher, Protected Horticulture Research Institute, NIHHS, RDA, Jeonju 52054, Korea

⁴Researcher, Division of Energy & Environmental Engineering, NIAS, RDA, Jeonju 54875, Korea

Abstract. In this study, strawberries were grown during the two cultivation periods (first: 2020-2021, second: 2021-2022) to analyze the effect of the external light environment and growing degree days (GDD) on crop production. The temperature and humidity during day in a greenhouse in each cultivation period were similarly managed. At night, there was a statistical difference in temperature and humidity in the greenhouse between two periods. The accumulated solar radiation during the first cultivation period was high in September and October. Since January, the accumulated solar radiation during the second cultivation period was high. In the second cultivation period, the initial yield was small because the accumulated solar radiation and GDD was small. But accumulated yields and potential maximum yields in second cultivation period were larger than yields in the first cultivation period as the accumulated solar radiation and GDD increased. The sugar contents of strawberry decreased as GDD increased.

Additional key words: humidity, Hydroponics, temperature

서론

딸기(*Fragaria×ananassa* Duch.)의 국내 생산액은(연간 생산량×연평균 농가판매가격) 2019년 기준 약 1.5조원으로 원예작물 중 가장 높으며 농업의 3%, 채소의 14%, 과채류의 29%를 차지하고 있다(MAFRA, 2020). 노지에서 토경 재배 되던 딸기는 시설원예의 발달과 함께 시설 내에서 토경 또는 수경 재배되기 시작했고, 2010년 183.8ha였던 딸기의 수경 재배 면적은 2020년 2,018.2ha까지 증가하였다(RDA, 2021b). 시설에서 딸기가 재배되면서 온실 내부의 온도, 습도, 일사 등의 환경관리는 매우 중요해졌고, 최근 기후변화로 인한 일조 부족 현상은 온실에서 일사량 부족에 의한 작물 피해로 이어지고 있다(Lee 등, 2016).

환경 조건은 작물의 생육반응에 영향을 미치는데(von Arnim

과Deng, 1996; Kang 등, 2010; Lee 등, 2020), 특히 광 조건은 작물의 광합성, 작물 수량에 크게 영향을 미친다(Clouse, 2001). 차광, 밀식 등으로 광량이 감소하면 생육속도가 감소하고 품질이 저하된다(Shon 등, 1995; Lee, 2002; Jefferson과Muri, 2007; Lee 등, 2007). Chung 등(1998)은 일조량 부족이 참외의 양수분 흡수를 불량하게 만들고 과실 수량 및 품질 저하, 생리 장애 등의 피해를 입힌다고 하였다. 토마토, 가지, 파프리카도 저광도 조건에서 생육이 저하되고 수량이 감소하였으며(Zhong와Kato, 1988), 특히 토마토는 70% 차광 처리 시 목부 일비액량도 적어지고 생육도 저하된다는 연구 결과가 있다(Masuda와Shimada, 1993). 딸기도 재배 환경에 따라 수량, 품질 등이 좌우되며, 딸기의 광포화점은 25°C에서 28,000lux라고 알려져 있다(Kim 등, 1999). Lee 등(2020)은 차광처리로 인한 광부족이 딸기의 생육 및 품질에 미치는 영향을 조사한 결과 무차광 조건에서 30%, 50% 차광 조건보다 작물 생육이 좋고, 높은 당도 및 큰 과실이 나왔다.

이처럼 광환경의 작물에 대한 영향을 조사한 연구가 이루어

*Corresponding author: taeseok84@korea.kr

Received September 21, 2022; Revised October 20, 2022;

Accepted October 21, 2022

져 왔으나 장기간 검토한 연구는 부족하다. 이에 본 연구에서는 동일 온실에서 동일 조건으로 딸기(‘설향’)를 2년간 재배하여 외부 광환경과 생육도일온도가 작물 생산량에 미치는 영향을 검토하였다.

재료 및 방법

1. 공시품종 및 시험 온실

시험에 사용된 딸기(*Fragaria × ananassa* Duch.)는 ‘설향’ 품종을 이용하였으며, 육묘장에서 60일 육묘한 모종을 구입하여 4줄로 설치된 고설 베드에 베드당 240주, 총 960주를 정식하였으며, 2020년에는 9월 16일, 2021년에는 9월 17일에 정식하였다. 정식 후에는 농촌진흥청 표준 딸기재배법(RDA, 2021a)에 준하여 재배하였으며, 두 작기 모두 다음 해 3월 31일까지 재배 및 수확하였다. 시험 온실은 경상남도 함안군 함안면(35°13'57"북, 128°25'19"동, 표고 45m)에 위치한 단동 온실(폭 8m, 측고 1.6m, 동고 3.3m, 길이 40 m)로, 폴리에틸렌(PE) 필름의 이중피복 온실이었다. 동절기 온실의 난방은 등유 온수보일러(535RTG, Kyungdong Navien Co., Seoul, Korea)로 60°C의 온수를 만들어 온실 양쪽 벽면에 3줄로 설치한 스테인레스 주름관으로 보내어 수행하였으며, 난방 개시 온도는 8°C로 하였다.

2. 온실 내외부 환경, 일사량 및 생육도일온도 비교

외부 광환경에 따른 작물 생육, 생산량을 비교하기 위해 온실 외부 일사량, 온습도, 온실 내부 온습도 측정하고 비교하였다. 일사량은 외부 기상대에 설치된 일사량 센서(CMP11, Kipp&Zonen, Netherlands)를 이용하여 측정하였으며, 온실 내외부 온습도는 각각 온실 내부 중앙과 온실 외부의 직사광선의 영향을 받지 않는 곳 1.5 m 높이에 데이터로거(HOBO

U23-001, Onset Computer Corp., USA)를 설치하여 측정하였다. 각각의 데이터는 10분 간격으로 10월부터 다음 해 3월 31일까지 측정하였다. 온습도 데이터는 월별로 일출 후 1시간부터 일몰 후 1시간까지의 시간대를 주간으로, 나머지 시간대는 야간으로 나누어 10월부터 3월까지의 데이터를 비교하였다. 일사량은 외부 기상대에 설치된 센서로 측정하였으므로 PE 필름의 광투과율(88%)을 비례식으로 고려한 값을 이용하여 일별 누적일사량을 구하고 9월부터 이듬해 3월까지 월별로 비교하였다.

딸기의 꽃눈분화의 최적 온도는 10–20°C, 최적 일장은 8시간으로(RDA, 2021a) 일출 후 딸기의 광보상점(5,000 lux)에 해당하는 복사량 35W/m²(Jeong 등, 1996)를 넘는 시간대를 일장으로 간주하여 8시간이 넘는 일수를 함께 비교하였다. 생육도일온도(growing degree days, GDD)는 작물이 발아부터 성숙까지 생육단계에 따라 일정량의 열량을 얻어야 성숙된다는 이론을 기반으로 작물의 개화기, 성숙기 등과 같은 생물계절을 예측하기 위해서 사용할 수 있는 온도적산 값으로(Baskerville와 Emin, 1969), 본 연구에서는 생육도일온도를 일 최고온도(T_{max}), 일 최저온도(T_{min}) 및 딸기의 최저한계온도(3°C)를 아래와 같은 식으로 조합하여 산출하였다.

$$GDD = \Sigma[(T_{max} + T_{min})/2 - 3]$$

3. 딸기 생산량 및 당도 조사

딸기의 생산량 및 당도는 온실 내부 베드 중앙의 10 주석을 선별하여 조사하였으며, 첫 수확 후 1주일 간격으로 수확하여 주당 생산량을 계산하고, 당도와 함께 비교하였다. 당도는 디지털 당도계(PAL-1, ATAGO Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였다.



Fig. 1. The inside and outside pictures of plastic greenhouse for experiments.

4. 광환경, 생육도일온도와 생산량에 대한 통계분석

수집된 데이터의 통계분석은 R(Ver. 4.0.5, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria)을 활용하였으며, 온도와 습도, 재배기간 중 누적일사량은 t-test($p < 0.01$)를 이용하여 두 처리 간 평균값의 유의성을 검정하였다. 일사량 및 생육도일온도는 딸기 개화시기부터 누적하여 계산하고, 개화시기는 ‘설향’을 9월 11일에 정식했을 때 11월 5일에 개화한 Kim 등(2011)의 연구결과를 참고하여 정식 후 55일 후로 하였다. 누적일사량과 생산량, 생육도일온도와 생산량의 관계는 회귀분석을 수행하였으며, 회귀 모델은 sigmoidal 함수 형태(3 Parameter)로 아래와 같은 식을 이용하였다. 당도는 생육도일과의 관계를 선형 회귀분석을 수행하였다.

$$Yield = \frac{a}{1 + \exp\left(-\frac{GDD-b}{k}\right)}$$

결과 및 고찰

1. 온실 내외부 온습도 비교

Table 1은 딸기 정식 후 10월부터 3월까지의 온실 내부 주간 간 평균 온도 및 습도를 나타낸 표이다. 주간의 데이터를 살펴보면 온실 내 온도는 월별로 유의미한 차이가 없어 유사하게 관리되었음을 알 수 있었다. 상대습도는 10월, 1월, 2월에서 통계적으로 유의미한 차이는 있었으나 상대습도 값이 낮게는 43.4%, 높게는 61.5%로 나타나 작물 생육에 적합한 환경이 유지되었음을 알 수 있었다. 두 작기의 야간 온습도 분포를 살펴보면 온도는 12월과 3월에 통계적으로 유의미한 차이 없이 유사하게 관리되었으나 나머지 기간에서는 차이를 보였다. 10월에는 첫 번째 작기(2020-2021년)의 온도가 11.1°C, 두 번째 작기(2021-2022년)의 온도가 13.8°C로 나타나 두 번째 작기의 온도가 높았으며 11월, 12월과 1월에는 첫 번째 작기의 온도가 높게 나타났다. 딸기의 온실 내 야간 기온은 7°C 이상 유지해야 된다는 점(RDA, 2021a)을 고려하면 두 작기 모두 적정 온도를 유지하였다. 습도는 전체 기간에서 통계적인 차이가 나타났으며, 수치적으로는 최소 0.9%, 최대 4.3%의 차이가 있었다.

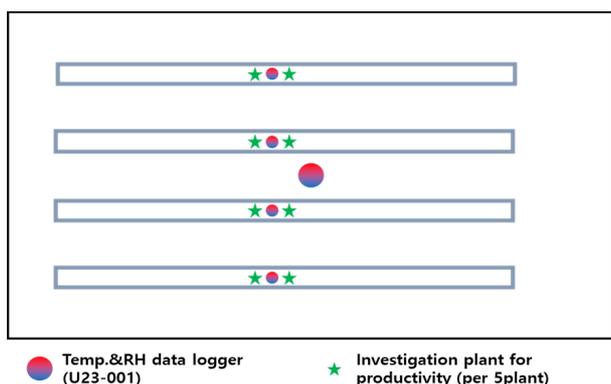


Fig. 2. The location drawing for measuring sensors and investigation plant in greenhouse.

Table 1. The monthly average temperature (Temp., °C) and relative humidity (RH, %) in experimental greenhouses.

Monthly average		Day			Night		
		2020-2021	2021-2022	Differences	2020-2021	2021-2022	Differences
Oct.	Temp.	23.4	23.0	ns	11.1	13.8	***
	RH	49.0	59.9	***	88.5	91.4	***
Nov.	Temp.	19.3	18.8	ns	10.2	9.2	***
	RH	61.8	61.4	ns	9.5	92.2	***
Dec.	Temp.	17.5	18.0	ns	7.1	7.3	ns
	RH	59.4	58.4	ns	87.2	88.1	*
Jan.	Temp.	18.3	18.3	ns	7.4	6.9	***
	RH	61.5	54.8	**	87.5	86.3	**
Feb.	Temp.	20.3	20.8	ns	8.4	7.3	***
	RH	50.5	43.4	**	89.9	85.6	***
Mar.	Temp.	22.1	21.7	ns	11.2	10.7	ns
	RH	53.7	55.6	ns	91.9	90.1	***

Note: Values are presented as the mean.

ns, *, **, *** Non significant or significant at $p \leq 0.05, 0.01, 0.001$, respectively.

2. 재배기간 내 일사량 및 일장 비교

Table 2는 두 작기의 월별 누적일사량과 일장을 비교한 표이다. 정식 후 9월에는 첫 번째 작기의 누적일사량이 159MJ/m², 두 번째 작기의 누적일사량이 131MJ/m²로 첫 번째 작기에서 더 많았으나 통계적으로 유의미한 차이를 보이지는 않았다. 10월에도 첫 번째 작기의 누적일사량이 크게 나타났으나 11월부터는 두 번째 작기의 누적일사량이 더 많아져 2월의 누적일사량은 첫 번째 작기 278MJ/m², 두 번째 작기 314MJ/m²로 두 번째 작기의 누적일사량이 36MJ/m² 더 많았다. 3월에는 다시 첫 번째 작기의 누적일사량이 많게 나타나 두 작기의 일사량 변화가 다르게 나타났음을 알 수 있었다. 재배기간 전체의 누적일사량은 첫 번째 작기에서 1,675MJ/m², 두 번째 작기에서 1,699MJ/m²로 나타나 첫 번째 작기의 누적일사량이 많았으나 월별로 유의미한 차이를 보이지는 않았다. 일장을 살펴보면 9월 중 일장이 8시간 이상이었던 날의 수는 첫 번째 작기 14일, 두 번째 작기 12일이었으며 첫 번째 작기의 정식일이 하루 빠른 것을 감안하면 큰 차이는 없는 것으로 판단되며, 통계분석 결과 역시 유의미한 차이는 없었다. 최적 일장이 나타난 일수는 11월을 제외하면 두 작기의 차이가 하루 정도로 큰 차이 없었으며, 11월은 첫 번째 작기의 최적 일장 일수가 23일, 두 번째 작기의 최적 일장 일수가 27일로 두 번째 작기에서 4일 더 많았다. 누적일사량과 최적 일장 일수 모두 9월과 10월에는 첫 번째 작기에서 많게, 11월부터 이듬해 2월까지 2번째 작기에서 많게, 3월에는 다시 첫 번째 작기에서 많게 나타

나 변화 양상은 유사하였고 통계적으로 두 작기 간의 차이는 없는 것으로 나타났다.

3. 광환경과 생육도일온도가 딸기 생산성에 미치는 영향

누적일사량과 생육도일온도가 딸기 생산성에 미치는 영향을 함께 고려하기 위해서는 다변량 회귀분석이 필요하나 다변량 회귀분석을 할 때 독립변수들 사이의 상관성은 회귀분석 결과의 신뢰도를 떨어뜨리므로 먼저 분산팽창지수를 통해 독립변수 간 다중공선성을 확인해보았다. 다중공선성에 문제가 없다고 할 수 있는 분산팽창지수는 10미만이며, 엄격히 했을 때 5를 기준으로 본다(Lee 등, 2021). 본 연구의 누적일사량과 생육도일온도의 분산팽창지수는 10을 넘어 두 변수 간 상관관계가 커 생육도일온도와 생산량의 결과를 중심으로 비선형 회귀분석을 실시하였다. 생육도일온도에 따른 딸기 수확량 회귀 모델식은 Table 3과 같이 구해졌다.

변수 a는 딸기의 잠재적 최대 생산량으로 첫 번째 작기에서는 673.6g/plant, 두 번째 작기에서는 922.5g/plant로 나타나 두 번째 작기에서 더 많게 나타났다. 그래프에서 경향을 확인할 수 있듯이 두 번째 작기의 초기 생산량 증가폭은 적었으나 뒤로 갈수록 증가폭이 커져 더 높게 나타난 것으로 보인다. 이는 두 번째 작기에서 9월과 10월의 일사량이 첫 번째 작기보다 적었으나 이후 일사량이 많아지면서 생육도일온도가 증가한 것에 의한 영향이라고 판단된다. 재배기간 중 총 생산량은 첫 번째 작기 464.6g/plant, 두 번째 작기 462.9g/plant로 나타나

Table 2. An accumulated solar radiation and daylength in each period.

Month	Accumulated monthly solar radiation (MJ/m ²)		Differences	Days (Daylength > 8 h)		Differences
	2020-2021	2021-2022		2020-2021	2021-2022	
Sep.	159	131	ns	14	12	ns
Oct.	341	321	ns	30	29	ns
Nov.	234	238	ns	23	27	ns
Dec.	220	224	ns	12	13	ns
Jan.	227	249	ns	20	20	ns
Feb.	278	314	ns	27	28	ns
Mar.	376	353	ns	29	29	ns
Sum	1,675	1,699	ns	168	172	ns

Note: Values are presented as the mean.

^{ns}Non significant.

Table 3. Parameters of yield model of strawberry by growing degree days.

Period	Model parameters			No. of interactions to convergence
	a	b	k	
2020-2021	673.6	1644.5	344.3	9
2021-2022	922.5	1855.0	352.7	8

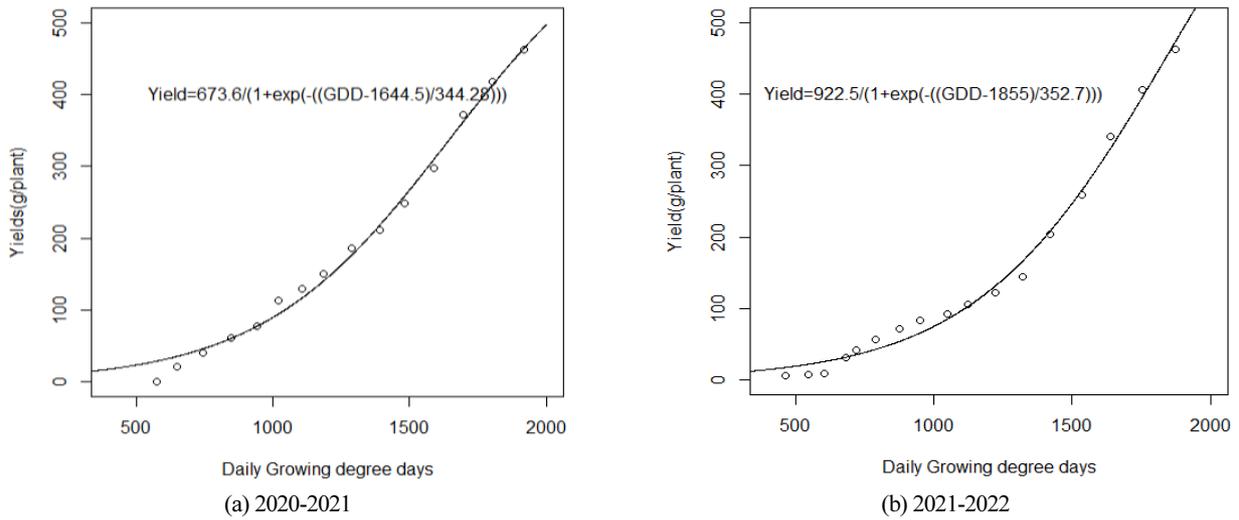


Fig. 3. Change of strawberry yields by growing degree days.

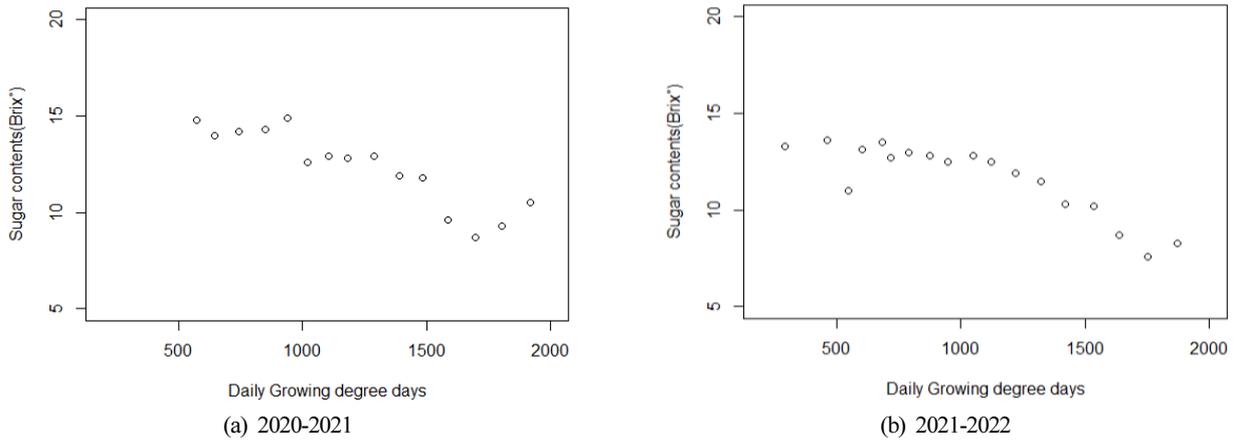


Fig. 4. The scatter plot between growing degree days and sugar contents of strawberry in each cultivation period.

첫 번째 작기에서 조금 더 많았으나 재배 및 수확을 이어갔으면 두 번째 작기의 총 수확량이 더 많았을 것으로 판단된다. 본 연구의 딸기 수확량은 Moon 등(2019)이 딸기 관부 난방의 효과를 분석한 시험에서 난방 개시 온도를 8°C로 설정한 온실의 수확량이 473g/plant으로 나온 연구 결과에 비추어 봤을 때 작물 재배에는 문제가 없는 것으로 판단된다. Fig. 4는 생육도일 온도와 당도를 산점도로 나타낸 그래프이다. 변수 a값은 첫 번째 작기 -0.0043, 두 번째 -0.0035로 생육도일 온도가 증가함에 따라 당도는 감소하는 경향을 보였다. 이는 축성딸기가 겨울을 지나 봄이 되면서 당도와 산도의 구성비가 2화방군에서는 변화하고 외기온이 높은 봄에는 당도가 증가되기 전에 착색 및 성숙이 먼저 이루어져 당도 저하가 발생한다(RDA, 2021a)는 보고에 비추어 봤을 때 타당한 결과로 판단된다.

적 요

본 연구에서는 ‘설향’ 딸기를 두 작기(2020 - 2021년, 2021 - 2022년)에 걸쳐 재배하면서 외부 광환경과 생육도일은 작물 생산량에 미치는 영향을 분석하였다. 2년 동안 온실 내 환경 관리, 양액 관리 등은 동일하게 하였다. 재배기간 중 주간의 온실 온습도는 두 작기에서 유사하게 관리되었고, 야간의 온습도는 통계적으로 차이가 있었으나 작물 생육 범위를 벗어나지 않았다. 일사량은 9월과 10월에 첫 번째 작기의 일 평균 일사량이 많아 누적일사량도 많았으며, 11월부터는 2월까지의 두 번째 작기의 일사량, 3월에는 다시 첫 번째 작기의 일사량이 많은 것으로 나타나 1월부터의 누적일사량은 두 번째 작기에서 많은 것으로 나타났다. 딸기의 최적 일장 조건인 8시간 이상의 일장이 나타난 일은 두 작기 간 큰 차이가 없었

고, 변화 양상은 누적일사량의 변화와 유사하게 나타났다. 누적일사량과 생육도일온도는 상관관계가 커 생육도일온도가 딸기의 생산량과 당도에 미치는 영향을 조사해 본 결과의 초기의 누적일사량과 생육도일온도가 적었던 두 번째 작기에서 초기 수확량은 적었으나 누적일사량 및 생육도일온도가 증가함에 따라 후기에 수확량이 첫 번째 작기보다 많았으며 잠재적 최대 생산량도 큰 것으로 나타났다. 당도는 생육도일온도가 증가함에 따라 감소하였으며, 이는 축성딸기의 특성으로 판단된다. 추후 연구를 통해 단순 수확량뿐만 아니라 작물 생육, 꽃눈분화 및 출회시기를 조사, 분석하여 생육도일온도가 작물 생육에 미치는 영향을 다각도로 분석하는 연구도 필요하다고 판단된다.

추가 주제어: 수경재배, 습도, 온도

사 사

본 연구는 2021년도 농촌진흥청 연구사업(과제번호: PJ01425201)의 지원에 의해 이루어진 것임.

Literature Cited

- Baskerville G.L., and P. Emin 1969, Rapid estimation of heat accumulation from maximum and minimum temperature. *Ecology* 50:514-517. doi:10.2307/1933912
- Chung D.G, S.J. Yong, and Y.J. Choi 1998, The effect of CaCl₂ foliar application on inhibition of abnormally fermented fruits and chemical composition of oriental melon (*Cucumis melo* L. var. *makuwa* Mak). *Hortic Sci Technol* 16:215-218. (in Korean)
- Clouse S.D. 2001, Integration of light and brassinosteroid signals in etiolated seedling growth. *Trends Plant Sci* 6:443-445. doi:10.1016/S1360-1385(01)02102-1
- Jefferson P.G., and R. Muri 2007, Competition, light quality and seedling growth of Russian wild rye grass (*Psathyrostachys juncea*). *Acta Agron Hung* 55:49-60.
- Jeong C.S., Y.R. Yeoung, I.S. Kim, S.S. Kim, and D.H. Cho 1996, Effects of CO₂ enrichment on the net photosynthesis, yield, content of sugar and organic acid in strawberry fruits. *J Korean Soc Hortic Sci* 38:736-740. (in Korean)
- Kang Y.I., J.K. Kwon, K.S. Park, I.H. Yu, S.Y. Lee, M.W. Cho, and N.J. Kang 2010, Changes in growths of tomato and grafted watermelon seedlings and allometric relationship among growth parameters as affected by shading during summer. *J Bio-Env Con* 19:275-283. (in Korean)
- Kim D.Y., T.I. Kim, W.S. Kim, Y.I. Kang, H.K. Yun, J.M. Choi, and M.K. Yoon 2011, Changes in growth and tield of strawberry (cv. Maehyang and Seolhyang) in response to defoliation during nursery Period. *J Bio-Env Con* 20:283-289. (in Korean)
- Kim W.S., T.I. Kim, J.H. Choi, K.S. Seo, S.H. Won, and W.M. Yoon 1999, Flower bud differentiation and growth characteristics of strawberry through automatic control of temperature and day length. *Hortic Sci Technol* 17:325-328. (in Korean)
- Lee G.B., J.E. Lee, B.I. Je, Y.J. Lee, Y.H. Park, Y.H. Choi, B.G. Son, N.J. Kang, and J.S. Kang 2020, Effect of low-light intensity on growth, yield and quality of strawberries. *J Environ Sci Int* 29:167-175 (in Korean) doi:10.5322/JESI.2020.29.2.167
- Lee J.H. 2002, Analysis and simulation of growth and yield of cut chrysanthemum. PhD dissertation, Wageningen University, Gelderland, The Netherlands.
- Lee S.H., E.H. Son, S.C. Hong, S.H. Oh, J.Y. Lee, J.H. Park, S.H. Woo, and C.W. Lee 2016, Growth and yield under low solar radiation during the reproductive growth stages of rice plants. *Korean J Crop Sci* 61:87-91. (in Korean) doi:10.7740/kjcs.2016.61.2.087
- Lee S.H., S.H. Baek, C.K. Chung, and T.Y. Kwak 2021, Estimation of shear wave velocity of weathered granite layer using nonlinear multiple regression analysis: A case study in South Korea. *J Korean Geotech Soc* 37:29-37. (in Korean) doi:10.7843/kgs.2021.37.6.29
- Lee S.Y., H.J. Kim, J.H. Bae, J.S. Shin, and S.W. Lee 2007, Effect of shading on shoot growth and quality of *Sedum sarmentosum* in Korea. *J Bio-Env Con* 16:388-394. (in Korean)
- Masuda M., and Y. Shimada 1993, Diurnal changes in mineral concentrations of xylem exudate in tomato plants and their concentrations as affected by sunlight intensity and plant ages. *J Jpn Soc Hortic Sci* 61:839-845.
- Ministry of Agricultural Food and Rural Affairs (MAFRA) 2020, Agriculture, food and rural affairs major statistics. MAFRA, Sejong, Korea.
- Moon J.P., S.H. Park, J.K. Kwon, Y.K. Kang, J.H. Lee, and H.G. Gweon 2019, Energy saving effect for high bed strawberry using a crown heating system. *Protected Hort Plant Fac* 28:420-428. (in Korean) doi:10.12791/KSBEC.2019.28.4.420
- Rural Development Administration (RDA) 2021a, Strawberry, Agricultural technology guide 40. RDA, Jeonju, Korea, pp 9-10. (in Korean)
- Rural Development Administration (RDA) 2021b, Hydroponics, Agricultural technology guide 71. RDA, Jeonju, Korea, pp 9-10. (in Korean)
- Shon S.M., K.S. Oh, and J.S. Lee 1995, Effects of shading and nitrogen fertilization on yield and accumulation of NO₃ in edible parts of chinese cabbage. *Korean J Soil Sci Fertil* 28:154-159. (in Korean)
- Von Arnim A., and X.W. Deng 1996, Light control of seedling development. *Ann Rev Plant Physiol Plant Mol Biol* 47: 215-243. doi:10.1146/annurev.arplant.47.1.215
- Zhong L.F., and T. Kato 1988, The effect of sunlight intensity on growth, yield and chemical composition of xylem exudate in solanaceous fruits. *Res Rep Kochi Univ Agric Sci* 37: 39-40.