

고설베드 형태가 참외 생육과 수량에 미치는 영향

원도연¹ · 최지혜¹ · 백창현¹ · 박나윤¹ · 강민구^{1*} · 서영진²

¹경상북도농업기술원 성주참외과채류연구소 농업연구사, ²경상북도농업기술원 성주참외과채류연구소 농업연구관

Effects of Growth and Quantity according to Form of High Bed in Cultivation of Korean Melon

Do Yeon Won¹, Ji Hye Choi¹, Chang Hyeon Baek¹, Na Yun Park¹, Min Gu Kang^{1*}, and Young Jin Seo²

¹Research Officer, Seongju Korean Melon Fruit and Vegetable Research Institute, Seongju 40054, Korea

²Senior Research Officer, Seongju Korean Melon Fruit and Vegetable Research Institute, Seongju 40054, Korea

Abstract. Korean melon (*Cucumis melo* L.) is an environment in which most farming work can affect the increase in musculoskeletal diseases, and the stems are attracted to the ground in order to grow no-heating cultivation. In this study, growth and productivity were compared according to the type of high-bed. The narrower the surface area at the bottom of the high-bed, the faster the initial growth, which was advantageous. The bed is which the height if 70 cm, the surface temperature has risen due to the increase in direct solar radiation inflow since April, requiring side light blocking to block the inflow of solar radiation. In terms of fruit quality, the 200 cm width treatment had higher fruit sugar content and better hardness than the 160 cm treatment. From April to September, the total yield was 6.8 kg/plant of treatment A, 8.7 kg/plant of treatment B, 5.8 kg/plant of treatment C, treatment B mainly 50% higher than treatment C, and 27% higher than treatment A. Therefore, the bed form suitable for Korean melon high bed is 200 cm wide, 40 cm high between the surface and the bed, and the surface of the passage between the beds is 30cm high from the ground to the bed.

Additional key words: *Cucumis melo* L., farm work posture, oriental melon, underground pot

서 론

참외는 유럽계 멜론과 달리 다습한 조건에서도 적응한 생태형으로 발달되어 왔다(Shin 등, 2020). 참외 재배지역은 현재 우리나라와 중국 동북3성 지방을 중심으로 재배가 이루어지고 있다. 국내 재배면적은 4,653ha, 생산량은 198,598톤이며 주로 시설재배로 생산된다(MAFRA, 2022). 현재 참외는 12월에 정식하여 이듬해 2월부터 7월까지 수확하는 축성재배 작형이 대부분이며 저온기에 보온부직포를 이용하여 가온하지 않고 재배한다. 과채류 생산을 위한 여름철 냉방과 겨울철 난방이 필요한 경우 에너지 효율을 높이기 위한 연구가 다양하게 이뤄지고 있다(Kawasaki 등, 2014; Kwack 등, 2014; Lee 등, 2006; Pascual 등, 2019). 반면 참외는 동절기동안 낮은 터널을 만들어주고, 보온부직포를 덮어 무가온으로 재배하기 때문에 난방을 위한 에너지투입을 하지 않는다. 에너지

투입을 하지 않는 포복재배로 인해 농작업 시 결순제거, 덩굴유인, 수확을 위해 허리와 무릎을 굽히는 동작이 많아 대부분의 농작업이 근골격계 질환 증가에 영향을 줄 수 있다(Bae 등, 2011).

참외 재배 시 주요 작업별 인체공학적인 위험도 평가에서 접목과 과실 세척을 제외한 모든 작업은 상체의 위험도를 평가하는 RULA(Rapid Upper Limb Assessment) 평가 결과 최대 위험점수로 나타났고, 전신의 위험도를 평가하는 REBA(Rapid Entire Body Assessment) 위험점수에 노동투하시간 가중치를 주었을 경우 참외 수확, 보온덮개 개폐, 순치기 순으로 위험도가 높았다(Kim 등, 2006). 참외 재배관리를 위해 고설베드를 이용하면 순치기, 수확작업을 서서 할 수 있기 때문에 작업환경을 개선할 수 있고, 허리 높이까지 베드를 높여주고 수평으로 유인하여 키우면 인체공학적인 위험도 평가는 포복재배 시보다 낮아 근골격계 부담 위험 수준이 감소할 것으로 기대된다. 참외는 포복재배하는 환경으로 병해충 발생이 많고 그로 인한 생산감소가 있다. 재배방식을 고설베드로 전환할 경우, 환기가 개선되어 생산성 향상을 기대할 수 있을 것이다. 참외

*Corresponding author: ilovegeoje@korea.kr

Received October 4, 2023; Revised October 30, 2023;

Accepted October 30, 2023

재배방식을 바꾸려는 시도는 일부 진행되었다. 참외 지주재배와 줄기 유인 재배에서는 포복형 방식에 비해 참외 당도를 높이고 비상품과를 감소시켜서 생산성 향상이 된다고 하였다 (Bae 등, 1998). 딸기 후작 작물로서 참외의 양액 급액에 대한 연구에서는 딸기 고설베드에서 베드와 베드사이에 네트를 설치하여 수평으로 유인하는 방식으로 재배하였으나 생산기간이 한정적이고 직접적인 참외 재배에 적용되지 못 하였다 (Kim 등, 2009). 참외 상향식 유인과 거터를 이용한 하향 재배식 줄기유인 재배에서 두 방법의 수확량은 차이가 없고 작업 강도를 낮출 수 있어 포복재배를 대체할 수 있는 새로운 방법임을 제안하였다(Lee 등, 2021).

이처럼 참외 재배환경을 개선하기 위한 연구는 일부 진행되었지만, 기존 재배방식을 대체하기에는 한계가 있었다. 따라서 이번 연구에서는 참외 고설베드의 설계를 위해 높이와 폭에 따른 참외의 생육과 생산성에 미치는 영향을 확인했다.

재료 및 방법

1. 시설참외 재배기본 정보

본 시험은 경상북도농업기술원 성주참외과채류연구소 내의 폭 8.5m, 동고 5.3m, 길이 45m의 단동 터널형 비닐하우스에서 2020년 12월부터 2021년 9월까지 수행하였다. 참외 품종은 ‘알찬꿀참외’, 대목은 ‘힘튼대목’을 사용하였고, 편엽합접법으로 접목한 후 접목 25일 후 45cm 간격으로 12월 21일에 정식하였다. 참외 수경재배 화분(1,000×425×200mm, Taekwang Atec, Daegu, Korea)을 토양에 설치하여 재배하였다(Fig. 1). 배지는 혼합상토(Baroker 50L, Seoulbio, Korea)를 사용하였고, 정식 후 4월 10일까지는 보온부직포(MD-insulator 15oz, Manyun-insulator, Seongju, Korea) 개폐온도를 15°C로 설정하여 자동 동작되도록 관리하였다. 시설하우스 온도는 최저온도는 15°C 이상이 되도록 유지하고, 5월

까지 측창을 개폐하여 최고온도는 35°C가 넘지 않도록 관리하였다. 6월 이후에는 지속적으로 외부온도가 상승하기 때문에 오전부터 최대한 환기하여 온도를 낮추어 줄 수 있도록 관리하였다. 온실 내 온도, 상대습도(Atmos14, METER Group, Inc., USA)는 환경계측기 데이터로거(Em50, METER Group, Inc., USA)를 사용하여 10분 간격으로 측정하여 온실 재배 환경을 기록하였다.

2. 급액량 및 EC 처리

배양액은 멜론 야마자키 배양액(N-P-K-Ca-S-Mg = 14.3-4.0-6.0-7.0-3.0-3.0me·L⁻¹)을 이용했으며, 양액 급액 시간은 오전 9시부터 오후 4시까지 점적호스(2L/h)를 2줄 설치하여 일회 2-6분, 일일 3-10회 시기에 따라 변경하면서 양수분을 공급하였다. 급액량 및 횟수 변경은 참외 생육 상태와 근권센서(GS-3, METER Group, Inc., USA)를 확인하여 근권센서의 토양수분(VWC) 값이 최저 20% 이하로 내려가지 않게 알림 설정하여 한계수분이하로 내려가지 않게 관리하고 VWC 25-30% 범위가 유지될 수 있게 모니터링 하여 관수 간격을 조절하여 관리하였다. 비가 오거나 흐린 날은 오전에 1회 관수하고 오후에 수분공급을 중단하였다. 정식 3주 전 배지를 1차 포습하였고, 정식 1주 전에는 EC는 1.0dS·m⁻¹로 1회 10분간 5회 급액하여 근권부 EC를 1.0dS·m⁻¹로 조정하였다. 정식부터 착과 전까지는 1.0dS·m⁻¹로 공급하였고, 착과기 부터는 1.5dS·m⁻¹로 고정하여 공급하였다.

3. 고설베드 형태

고설베드는 농업용 파이프(25mm, 1.5T, 10m)를 이용하여 베드길이는 35m로 제작하였고 형태에 따라 A, B, C 처리구로 명명하였다(Fig. 1). A, B 처리구는 좌우 이랑 사이의 골을 30cm 파서 높이가 70cm가 될 수 있도록 처리하였다. 고설베드의 부위별 면적과 부피는 Auto Cad Program으로 계산하였

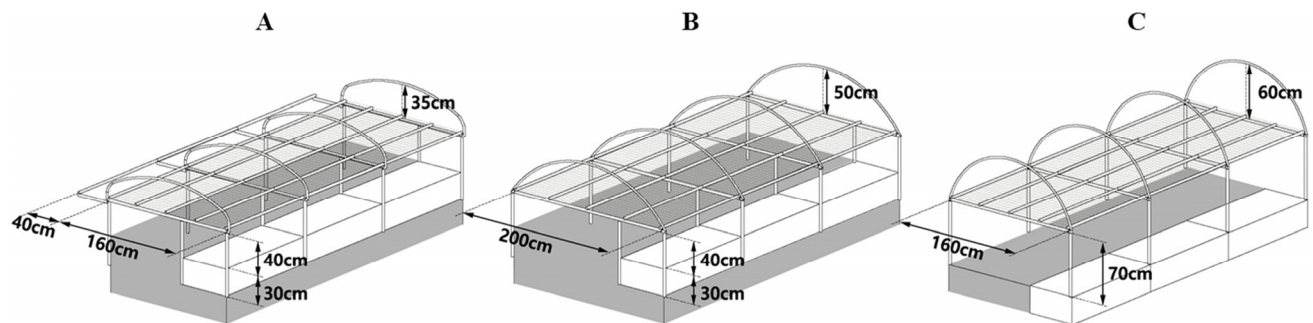


Fig. 1. Schematic diagram of treatment conditions of high-bed form. A: Width 160+40 cm, Height 40+30 cm, B: Width 200 cm Height, 40+30 cm, C: Width 160 cm, Height 70 cm.

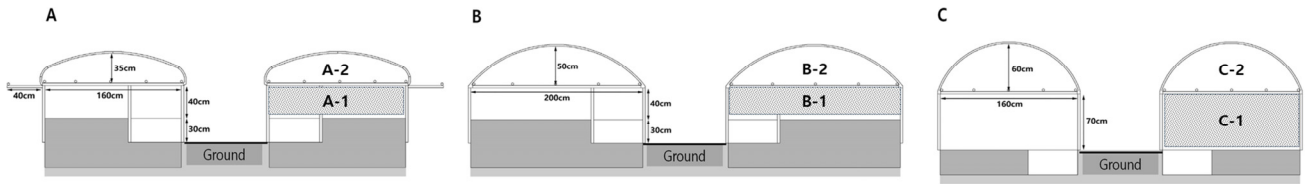


Fig. 2. Cross-sectional diagram of treatment conditions of high-bed form. A-1: Cross section of under bed at type A, A-2: Cross section of upper bed at type A, B-1: Cross section of under bed at type B, B-2: Cross section of upper bed at type B, C-1: Cross section of under bed at type C, C-2: Cross section of upper bed at type C.

다. 베드 상단 단면적은 베드 위 공간의 단면적을 계산하였고 (Fig. 2A-2), 하단 단면적은 베드 아래 공간의 단면적을 계산하였다(Fig. 2A-1). 지표면적은 화분을 제외한 바닥면 가로 길이와 베드 길이를 곱하여 계산하였다. 보온면적의 부피는 보온부직포가 덮이는 공간의 체적을 계산하였다. A 처리구 (폭 160cm + 40cm, 높이 30cm + 40cm)는 지면과 배지 표면 사이의 높이가 30cm, 배지 표면과 고설베드 사이의 거리가 40cm이며, 폭은 160cm에 보온부직포를 이용하지 않는 시기부터 확장브라켓을 이용해 40cm를 확장할 수 있는 형태이다. 베드 상단 단면적은 0.47m², 베드 하단 단면적은 0.66m²이다. 베드 하단 지표면적은 52.0m²이고, 보온면적의 부피는 44.5m³이다. B 처리구(폭 200cm, 높이 30cm + 40cm)는 지면과 배지 표면 사이의 높이가 30cm, 배지 표면과 고설베드 사이의 거리가 40cm로 A 처리구와 높이가 동일하나 폭은 200cm로 베드 상단 단면적은 0.69m², 베드 하단 단면적은 0.85m²이다. 베드 하단 지표면적은 68.0m², 보온면적의 부피는 54.9m³이다. C 처리구(폭 160cm, 높이 70cm)는 배지 표면과 고설베드 사이의 거리가 70cm이고, 폭은 160cm이다. 베드 상단 단면적은 0.71m², 베드 하단 단면적은 1.15m²이다. 베드 하단 지표면적은 52.0m², 보온면적의 부피는 73.0m³이다. 모든 처리구는 참외 정식 및 줄기 관리 작업의 편의성을 높이기 위해 참외 수경재배 화분을 가운데 통로 쪽으로 위치시켰다. 줄기 유인은 화분에서 베드 가운데로 유인하였고, 베드 상단에서는 Y자로 45도 대각선으로 유인하여 재배하였다.

4. 생육, 과실 품질 및 수량조사

참외는 손자덩굴에 착과하기 때문에 착과 이후에는 개체별로 생육 특성이 균일하지 않고, 덩굴이 영겨 개체간 차이확인이 어렵기 때문에 생육 특성은 고설베드 상단으로 생장점이 도달하기 시작한 시점에 1회 실시하였다. 식물체의 초장, 엽장(13마디), 엽폭(13마디), 장폭비(엽장/엽폭), 절간장, 마디수, SPAD값을 정식 30일차에 측정하였다. 착과는 베드위에 있어 15마디 이상 전개된 시점에 베드 위 기준으로 8번째 마디에 착과하였다. 과실 품질은 매월 1회 10개씩 3회 반복하여 30

과를 처리별로 조사하였으며, 과중, 과장, 과폭, 가용성 고형물 함량, 색도, 경도를 시기별로 비교하였다. 가용성 고형물 함량(soluble solids content, SSC)은 과실에서 과육부와 태좌부를 휴대용 Brix 당도계(Atago PAL-1, Atago Inc., Japan)를 이용하여 °Brix 단위로 나타내었다. 색도는 과실 중앙부의 과피를 색도계(CM-700d, Konica Minolta, Inc., Japan)로 측정하였다. 수량은 구당 30주씩 3반복하여 조사하였다.

5. 통계 분석

처리구는 각 처리당 30주씩 3반복으로 완전 임의 배치하였으며, 통계분석은 R project(Version 4.3.1, 2023 The R Foundation for Statistical Computing)를 이용하여 분산분석(ANONA)을 실시하였고, 평균 간 비교는 Duncan의 다중범위검정(Duncan's multiple range test, DMRT)을 적용하여 5% 수준에서 실시하였다($p \leq 0.05$).

결과 및 고찰

1. 고설베드 형태에 따른 지온 비교

고설베드 형태에 따른 지온의 적산온도 변화를 조사하였다(Fig. 3a). 지온은 태양에너지와 지표면 복사의 영향을 받는 것(Hur 등, 2004)으로 알려져 있기 때문에 베드 형태에 따라 식물체의 영양생장에 관여할 수 있는 중요한 환경요인이다. 작물은 정식 후 일수도 중요하지만 누적 온도 즉 생육도일온도 또한 발아부터 성숙까지의 전체 생육단계를 이해하는데 매우 중요하다(Kim 등, 2018).

특히, 작물의 누적온도 조건에 따른 작물의 개화시기, 성숙기, 수확기 등과 같은 생육 단계를 예측하는데 도움이 될 수 있다(Baskerville과 Emin, 1969). 1월까지 적산온도는 A 처리구가 585°C, B 처리구가 571°C, C 처리구가 569°C로 베드 상단 부피가 가장 적은 A 처리구에서 가장 높았다. 2월까지 적산온도는 A 처리구가 1,171°C, B 처리구가 1,146°C, C 처리구가 1,125°C로 A 처리구가 C 처리구보다 46°C 높았다. 3월까지 적산온도는 A 처리구가 1,892°C, B 처리구가 1,848°C,

C 처리구가 1,830°C로 A 처리구가 C 처리구보다 62°C 높았다. 4월까지 적산온도는 A 처리구가 2,584°C, B 처리구가 2,540°C, C 처리구가 2,551°C으로 C 처리구의 적산온도가 B 처리구보다 높아졌고, A 처리구와 차이도 감소하였다. 이와 같은 현상은 지면에서 베드까지의 거리가 70cm인 C 처리구는 봄으로 계절이 변하면서 태양의 남중고도가 높아지며 베드 하단부로 유입되는 직달 태양 복사량의 증가되어 근권부 온도가 높아지면서 지온의 적산온도가 증가한 것으로 판단된다. 이처럼 C 처리구는 저온기에는 베드 부피가 크기 때문에 지온이 낮아 생육에 불리하였고, 4월 이후부터 지표면의 온도가 상승하여 차광처리가 필요하였다. 9월까지 지온의 적산온도는 A 처리구가 6,667°C, B 처리구가 6,667°C, C 처리구가 6,821°C으로 A, B 처리구는 동일하였고, C 처리구는 A 처리구보다 154°C 높았다(Fig. 3b).

2. 고설베드 형태에 따른 생육 특성

고설베드 형태에 따른 정식 30일차의 참외 생육을 비교하였다(Table 1). 참외의 초기 생육은 참외가 광이 부족한 12월에 정식되기 때문에 보온과 관련이 높다. 보온공간의 온도에 영향을 주는 요인으로는 보온부직포 두께, 보온면적의 부피, 지표면적이 있다. 보온부직포는 동일하게 처리되었기 때문에 보온공간의 부피와 지표면적의 차이에 의한 영향을 비교하였

다. 초장은 A 처리구 55.4cm, B 처리구 40.0cm, C 처리구 51.0cm로 A, C, B 처리구 순이었다. 베드 하단부 지표면적은 A 처리구는 52.0m², B 처리구 68.0m², C 처리구 52.0m²이며, 보온면적의 부피는 A 처리구 44.5m³, B 처리구 54.9m³, C 처리구 73.0m³이었다. C 처리구의 보온면적 부피는 A 처리구보다 65% 넓었지만 상대적으로 1.6배가 넓은 부피면적에도 불구하고 두 처리구의 식물체 길이 차이는 8.6%에 불과하였다. 하지만 지표면적이 A, C 처리구보다 30.7% 정도 넓은 B 처리구의 식물체 길이는 C 처리구보다 27.5%, A 처리구보다 38.5% 짧아 시험에서 처리된 수준의 낮은 높이의 부피면적에서 대표적인 생육지표인 식물체 길이는 부피면적보다 지표면적에 큰 영향을 많이 받는 것으로 확인되었다. 이와 같은 현상은 일사 투입에 의한 시설 내 주간 온도 조건은 유사하지만 주간에 토양으로 축적된 열이 야간에 지면에서 대기로 방출되는데, 야간에 베드 하단부의 지표면이 가장 넓은 B 처리구에서 보온부직포 외부로 장파 방출에 의해 발생한 열손실이 가장 많아 생육이 가장 저조한 것으로 판단된다. A 처리구와 C 처리구는 지표면적은 동일하였지만 A 처리구의 보온면적 부피가 작기 때문에 A 처리구가 생육이 가장 좋았다. 따라서 동일한 지표면적에서는 보온부직포는 높이가 낮을수록 저온기 생육촉진에 유리함을 확인할 수 있었다. 딸기 고설재배에서 베드를 2단으로 구성하여 1단에 수박을 밀식처리하여 재배한

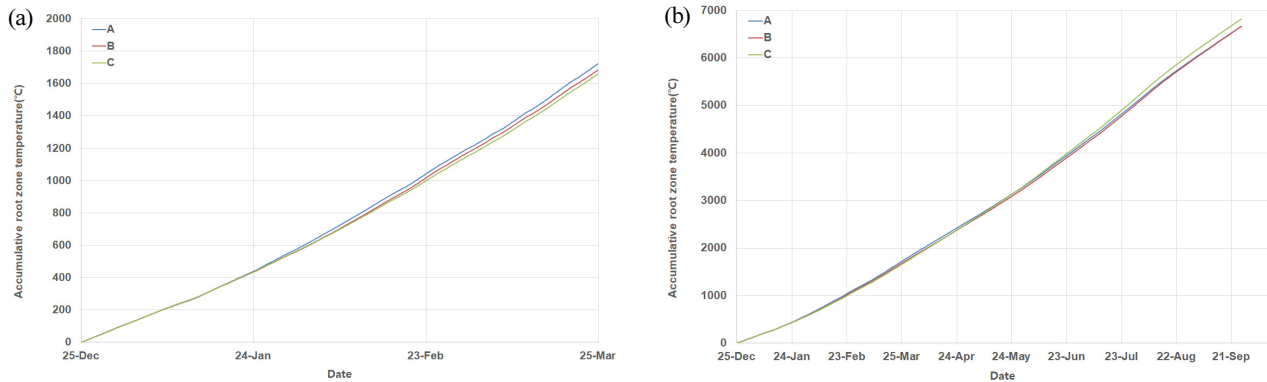


Fig. 3. Accumulative root zone temperature of internal of high-bed in greenhouse. (a) From January to March, root zone temperature integration graph, (b) From January to September, root zone temperature integration graph.

Table 1. Characteristics of Korean melon growth according to the difference in high bed form at 30 days after planting.

Treatment	Plant height (cm)	Leaf length (A, cm)	Leaf width (B, cm)	Leaf shape (A/B)	Internode length (cm)	No. of nodes (ea/plant)	SPAD value
A	55.4 a ^z	10.9 a	9.9 a	1.1 a	3.4 a	16.0 a	52.8 b
B	40.0 b	10.2 b	9.2 b	1.1 a	2.6 c	15.2 a	53.8 ab
C	51.0 ab	11.2 a	10.1 a	1.1 a	3.0 b	16.8 a	56.2 a

^zSignificant differences among treatments are indicated by lower case letters at $p \leq 0.05$ according to the Duncan's multiple range test.

경우, 식물체가 균락을 형성하여 충분한 광을 받지 못해 수박의 생체중이 감소한다고 하였다(Choi 등, 2014). 이와 같은 결과는 참외 고설재배와는 차이가 있었는데, 작물 재배시기가 달라 식물체가 받는 영향에 차이가 있었을 것으로 판단된다. 엽장, 엽폭, 장폭비는 처리구 간 차이가 적었다. 마디수는 A 처리구 16.0개, B 처리구 15.2개, C 처리구 16.8개로 유의적인 차이가 없었지만 절간장은 A 처리구 3.4cm, B 처리구 2.6cm, C 처리구 3.0cm으로 B 처리구가 가장 짧아 장과방출에 의해 지온이 낮아져 절간장은 짧아진 것으로 판단된다. SPAD 값은 A 처리구 52.8, B 처리구 53.8, C 처리구 56.2로 C 처리구가 가장 높았다.

고설베드 형태에 따른 참외의 개화 특성을 비교하였다 (Table 2). 베드 상단부로 유인된 암꽃 개화마디는 A 처리구 20.6마디, B 처리구 21.8마디, C 처리구 22.2마디로 처리구 간 1.6마디 내외로 베드형태에 따른 개화특성은 큰 차이가 없었다. 착과는 A 처리구 3월 15일, B 처리구 3월 19일, C 처리구 3월 17일에 가능하였고, 착과 후 수확일수는 40-41일로 처리구 간 차이가 없었다. 이와 같은 결과는 개화시기인 3월 중순에는 저온의 영향이 적기 때문에 수확일수는 차이가 없었을 것으로 판단되며, 착과 시기가 빨라질수록 착과 후 수확소요일수는 추가적인 시험이 필요할 것으로 판단된다.

3. 고설베드 형태에 따른 과실 특성

고설베드 형태에 따른 4월부터 9월까지 수확된 과실의 특성은 다음과 같았다(Table 3). 과중은 A 처리구 444.1g, B 처리구 464.4g, C 처리구 514.9g이고, 과장은 A 처리구 123.8mm,

B 처리구 123.0mm, C 처리구 129.5mm이며, 과폭은 A 처리구 83.4mm, B 처리구 84.3mm, C 처리구 86.4mm였다. C 처리구는 다른 처리구에 비해 과중이 컸는데, 좁은 베드폭으로 인해 잎의 캐노피가 높게 형성되어 과실주변의 습도는 높게 유지되고 잎의 그늘에서 비대하여 과실이 커진 것으로 판단된다. 과육두께는 A 처리구 18.7mm, B 처리구 19.7mm, C 처리구 18.7mm였다. 과육 당도는 A 처리구 11.7°Brix, B 처리구 12.6°Brix, C 처리구 11.5°Brix 였고, 태좌 당도는 A 처리구 13.3°Brix, B 처리구 14.6°Brix, C 처리구 13.2°Brix였다. B 처리구는 다른 처리구에 비해 과육과 태좌부의 당도가 높았는데, 베드상단의 표면적이 넓어 수광률이 증가한 것이 당도 향상에 영향을 주었을 것으로 판단된다. 과육경도는 A 처리구 1,673g/mm, B 처리구 1,924g/mm, C 처리구 1,909g/mm로 B 처리구가 가장 높았다.

4. 고설베드 형태에 따른 당도, 경도, 색도의 월별 변화 특성

과실 품질 중 당도, 경도, 색도는 소비자들이 과일이 선택하는 가장 중요한 품질지표로서 평가된다(Fig. 4). 7월까지 태좌부 평균 당도는 A 처리구 14.0°Brix, B 처리구 15.1°Brix, C 처리구 13.5°Brix였다. 하지만 8월 태좌부 당도는 A 처리구 12.5°Brix, B 처리구 12.9°Brix, C 처리구 11.7°Brix로 모든 처리구에서 고온기 접어들수록 당도가 급격히 감소하였다. 9월 태좌부 당도는 A 처리구 12.7°Brix, B 처리구 13.0°Brix, C 처리구 12.5°Brix였다. 이와 같은 당도의 변화양상을 볼 때, 참외 고설베드재배에서 베드의 폭은 과실의 품질에 지속적인

Table 2. Characteristics of Korean melon flowering according to the difference in high bed form.

Treatment	Node number to first female flower ^z	Date of fruit setting	Date of the first harvest	Required days for harvest
A	20.6 b ^y	Mar 15 a	Apr 24 a	40 a
B	21.8 b	Mar 19 c	Apr 29 c	41 a
C	22.2 a	Mar 17 b	Apr 26 b	40 a

^zDate of investigation: March 5, 2021.

^ySignificant differences among treatments are indicated by lower case letters at $p \leq 0.05$ according to the Duncan's multiple range test.

Table 3. Characteristics of Korean melon fruit according to the difference in high bed form from April to September.

Treatment	Fruit weight (g)	Fruit length (A, mm)	Fruit diameter (B, mm)	Fruit shape index (A/B)	Flesh thickness (mm)	Soluble solids content (°Brix)		Flesh firmness (g/Φ5mm)	Chromaticity values		
						Flesh	Placenta		L	a	b
A	444.1 b ^z	123.8 b	83.4 b	1.48 a	18.7 b	11.7 b	13.3 b	1,673 c	72.1 a	10.0 b	68.6 b
B	464.4 b	123.0 b	84.3 b	1.45 b	19.7 a	12.6 a	14.6 a	1,924 a	71.0 a	12.8 a	69.9 a
C	514.9 a	129.5 a	86.4 a	1.49 a	18.7 b	11.5 b	13.2 b	1,909 b	71.9 a	10.5 b	69.6 a

^zSignificant differences among treatments are indicated by lower case letters at $p \leq 0.05$ according to the Duncan's multiple range test.

로 영향을 주는 것을 알 수 있었다. 참외의 경도는 4월이 가장 높았고, 5월, 6월은 꾸준히 감소하였다. 특히 고온기인 7월부터는 경도가 큰 폭으로 감소하였다. 8월, 9월은 6월과 비슷한 수준이었다. 위와 같은 경도의 변화 양상은 토경재배 참외의 경도 변화와 동일하였다(Do, 2021). 색도 a값은 4월이 가장 높았고 꾸준히 감소하였다. 7월 이후에는 처리 간 차이가 없었고, 고온기인 6월 이후 급격히 감소하는 것을 알 수 있었다.

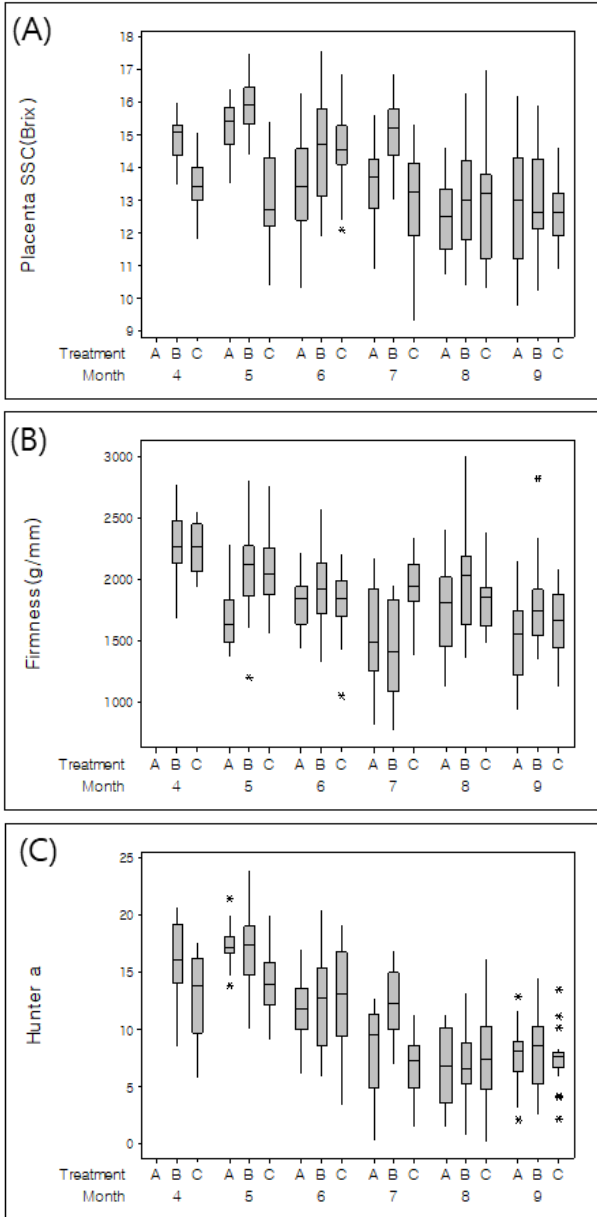


Fig. 4. The process of monthly changing of korean melon fruits from April to September. (A) Placenta soluble solids content, (B) Firmness, (C) Hunter a value which a measure of redness. Vertical bars represent SEs of 15 replicates (n = 15).

5. 고설베드 형태에 따른 월별 수량 특성

고설베드 형태에 따른 월별 수량은 다음과 같았다(Fig. 5). 9월까지 누적수량은 A 처리구 6.8kg/주, B 처리구 8.7kg/주, C 처리구 5.8kg/주로 B 처리구 가장 많았다. 일반적으로 토경재배에서 6월까지 수확량은 일반농가는 4.0kg/주, 선도농가 5.0kg/주 정도의 참외를 수확한다(Do, 2021). 고설베드 시험에서 6월까지 누적수량은 A 처리구 4.4kg/주, B 처리구 5.8kg/주, C 처리구 3.4kg/주로 고설수경재배가 토경재배의 일반농가보다 45% 높고, 선도농가보다 16% 높았다. B 처리구는 지표면적이 넓어 초기생육은 가장 늦었는데, 그로 인해 1차수확이 다른 처리구보다 4일 늦었다. 하지만 베드 상단면적이 다른 처리구보다 표면적이 넓어 수광률 증가로 생산성이 가장 높았던 것으로 판단된다. 이처럼 엽면적 확보를 통한 일로의 태양복사 에너지 유입은 증산과 건물 생산량에 밀접한 관계가 있다고 보고되었다(Seo 등, 2020). 또한 기온과 광환경은 작물의 형태, 광합성, 생장에 크게 영향을 미치고(Heuvelink와 Dorais, 2011), 작물 생산 이용 효율성을 높이기 위해서는 작물의 생육뿐만 아니라 광 이용 효율 등 에너지 효율을 함께 고려하여 적정 생육환경을 조성하는 것이 중요하다(Kozai와 Niu, 2016). C 처리구는 가로 160cm로 베드 상단면적이 처리구 중 가장 좁았는데, 베드 상단면적이 좁아 충분한 수광률 확보에 불리하였고, 좁은 면적으로 인해 잎의 캐노피가 높아져서 발생된 암꽃이 잎 근락 속에 묻히면서 광량이 부족하게 되고 기형과가 많이 발생하게 되어 생산성이 낮아진 것으로 판단된다. 이상의 결과를 종합해 볼 때, 참외 고설베드 재배는 수경재배 기반으로 4월부터 9월까지 꾸준한 과실 생

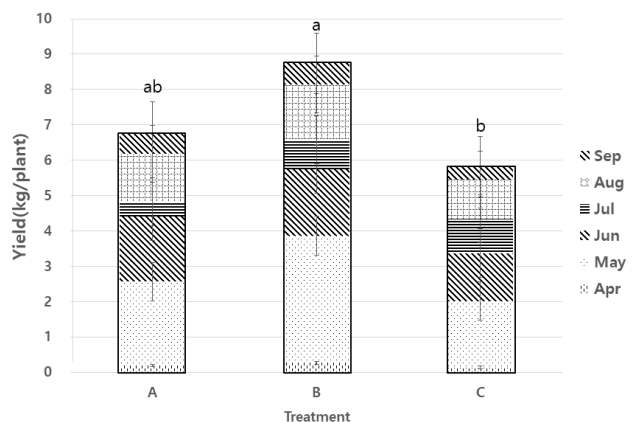


Fig. 5. Quantity of korean melon fruit according to the high bed form. Three treatments were A, B, C. Vertical bars represent SEs of 3 replicates (n = 3). Significant differences among treatments are indicated by lower case letters at $p \leq 0.05$ according to the Duncan's multiple range test.



Fig. 6. A panoramic view of korean melon cultivation according to high bed form. A: Width 160+40 cm, Height 40+30 cm, B: Width 200 cm Height, 40+30 cm, C: Width 160 cm, Height 70 cm.

산이 가능하였고, 고설베드는 작업자가 서서 재배할 수 있는 환경을 조성하였다(Fig. 6). 따라서 참외 고설베드 재배를 위한 적합한 베드의 구조는 높이 70cm, 폭 200cm로 타당하였다. 향후 참외 고설베드 재배에서 첫 수확시기를 당길 수 있는 저온기 보온 및 생육 촉진 등에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

적 요

참외는 무거운 재배를 위해 줄기는 지면에 포복형으로 유인 하는데 대부분의 농작업이 근골격계 질환 증가에 영향을 줄 수 있는 환경이다. 본 연구에서는 참외 고설베드 형태에 따른 생육과 생산성을 비교하였다. 고설베드 하단부 지표면적이 좁을수록 초기 생육이 빨라 저온기 관리에 유리하였다. 베드의 높이는 70cm일 경우 4월 이후 직달 태양복사량 유입증가로 지표면 온도가 상승하여 태양복사 유입 차단을 위한 측면부 차광이 필요하였다. 과실 품질은 폭이 200cm인 처리구가 160cm 처리구보다 과실당도가 높고, 경도도 우수하였다. 4월에서 9월까지 총 수확량은 A 처리구 6.8kg/주, B 처리구 8.7kg/주, C 처리구 5.8kg/주로 B 처리구가 C 처리구보다 50% A 처리구보다 27% 높았다. 따라서 참외 고설베드에 적합한 베드의 형태는 베드 폭 200cm, 지표면과 베드사이 높이는 40cm 하고 베드사이 통로쪽 지표면을 30cm 파서 작업자가 작업을 할 때 지면에서 베드까지 높이를 70cm로 제작한 구조가 참외 생육을 위한 엽면적을 확보에 유리하고 농작업 환경도 개선에 가장 적합한 것으로 확인되었다.

추가주제어: *Cucumis melo* L., 농작업 환경, 수정재배 화분, 참외

사 사

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(과제번호: RS-2021-RD01 2433, 지역농업연구기반및전략작목육성)의 지원에 의해 이루어진 것임.

Literature Cited

- Bae K.J., K.S. Lee, Y.K. Kong, G.J. Oh, and S.J. Lee 2011, The prevalence of musculoskeletal symptoms and the ergonomic risk factors among oriental melon-growing farmers. *Korean J Occup Environ Med* 23:1-8. (in Korean) doi:10.35371/kjoem.2011.23.1.1
- Bae S.G., S.K. Choi, Y.S. Shin, I.K. Yeon, and B.S. Choi 1998, Round-frame-staking cultivation increased growth and yield of oriental melon. *J Bio-Env Con* 7(Suppl II):77-81. (in Korean)
- Baskerville G.L., and P. Emin 1969, Rapid estimation of heat accumulation from maximum and minimum temperatures. *Ecology* 50:514-517.
- Choi H.G., B.Y. Moon, J.K. Kwon, K.S. Park, D.H. Kang, H.J. Jeong, M.W. Cho, and N.J. Kang 2014, Effect of bed position and planting densities of watermelon grown on two-story high bed on fruit quality. *J Agric Life sci* 48:13-20. (in Korean) doi:10.14397/jals.2014.48.2.13
- Do H.W. 2021, Smart farm modeling of farming practice in korean melon. 2021. MAFRA, Sejong, Korea. (in Korean)
- Heuvelink E., and M. Dorais 2011, Crop growth and yield. In E Heuvelink, ed, *Tomatoes*. CABI Publishing, UK, pp 85-144.
- Hur S.O., W.T. Kim, K.H. Jung, and S.K. Ha 2004, Estimation of soil surface temperature by heat flux in soil. *Korean J Soil Sci Fert* 37:131-135. (in Korean)
- Kawasaki Y., S. Matsuo, Y. Kanayama, and K. Kanahama 2014, Effect of root-zone heating on root growth and activity, nutrient uptake, and fruit yield of tomato at low air temperatures. *J Jpn Soc Hortic Sci* 83:295-301. doi:10.2503/

- jjshs1.MI-001
- Kim H.G., J.B. Seo, K.C. Cho, I.T. Hwang, K.S. Seo, and J.G. Kim 2009, Effect of nutrient supply per day on the growth and development of following crop, melon after hydroponically grown strawberry. *Korean J Hort Sci Technol* 27:62-63.
- Kim K.S., K.R. Kim, H.C. Kim, and K.S. Lee 2006, Risk assessment and symptoms of musculoskeletal disorders in melon farm workers. *J Korean Soc Occup Environ Hyg* 16:385-397. (in Korean).
- Kim S.K., J.H. Lee, H.J. Lee, S.G. Lee, B.H. Mun, S.W. An, and H.S. Lee 2018, Development of prediction growth and yield models by growing degree days in hot pepper. *Protected Hort Plant Fac* 27:424-430.
- Kozai T., and G. Niu 2016, Plant factory as a resource-efficient closed plant production system. In T Kozai, G Niu, M Takagaki, eds, *Plant factory: An indoor vertical farming system for efficient quality food production*. Elsevier, UK, pp 69-90.
- Kwack Y., D.S. Kim, and C. Chun 2014, Root-zone cooling affects growth and development of paprika transplants grown in rockwool cubes. *Hortic Environ Biotechnol* 55:14-18. doi:10.1007/s13580-014-0117-3
- Lee D.S., J.K. Kwon, S.W. Yun, S.Y. Lee, M.T. Seo, H.J. Lee, and T.G. Kang 2021, Comparison of yield and workload depending on stem training methods in oriental melon hydroponics. *J Bio-Env Con* 30:377-382.
- Lee J.H., Y.B. Lee, J.K. Kwon, N.J. Kang, H.J. Kim, Y.H. Choi, J.M. Park, and H.C. Rhee 2006, Effect of greenhouse cooling and transplant quality using geothermal heat pump system. *J Bio-Env Con* 15:211-216. (in Korean)
- MAFRA (Ministry of Agriculture, Food, and Rural Affairs) 2022, *Agriculture, Food, and Rural Affairs Statistic Yearbook* (in Korean), 2022. MAFRA, Sejong, Korea.
- Pascual C.S., I.C. Agulto, A.N. Espino, and V.U. Malamug 2019, Effect of ground heat exchanger for root-zone cooling on the growth and yield of aeroponically-grown strawberry plant under tropical greenhouse condition. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. doi:301:10.1088/1755-1315/301/1/012006
- Seo Y.J., K.S. Kim, D.C. Kim, H.H. Nam, J.H. Kim, and B.Y. Lee 2020, Lysimetric analysis for transpiration and carbon accumulation of *Cnidium officinale* Makino in hot weather conditions. *Korean J Medicinal Crop Sci* 28:463-470. (in Korean) doi:10.7783/KJMCS.2020.28.6.463
- Shin Y.S., H.W. Do, J.D. Chung, J.E. Lee, M.K. Kim, Y.J. Seo, D.W. Choi, H.J. Choi, J.W. Han, and B.C. Kang 2020, *Series of Korean melon*. Seongju Korean Melon Fruit Vegetable Research Institute, Gyeongsangbuk-do Agricultural Research & Extension services, Seongju, Korea, pp 8-11. (in Korean).