Journal of Environmental Science International
34(10); 623~635; October 2025

pISSN: 1225-4517 eISSN: 2287-3503
https://doi.org/10.5322/JESI.2025.34.10.623

ORIGINAL ARTICLE

딸기 직접 삽목 육묘의 실효성과 현장 적용 가능성 분석

박종문 · 이상우*
경상국립대학교 원예과학부

Analysis of the Effectiveness and Field Applicability of the Cutting-direct-planting of Strawberry

Jong-Moon Park, Sang-Woo Lee*
Division of Horticultural Science, Graduate School, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

Abstract

Pinning propagation is a traditional method for producing strawberry nursery plants in Korea. However, it requires a prolonged production period and high labor input while also causing physical stress due to the work involved. Here, we investigated a new strawberry propagation method to complement pinning. The experiment was conducted at a strawberry farm in Geochang-gun, Gyeongnam, using the 'Seolhyang' variety. Propagation methods included pinning, cutting, and cutting-direct-planting. Cutting-direct-planting was further divided into two groups: one treated with monopotassium phosphate (KH_2PO_4) and the other untreated. During the nursery period, tasks and labor time for each propagation method were recorded. Growth traits of nursery plants were measured before transplanting, and fruit yield was evaluated after transplanting. Total labor times were 579.7 h, 514.1 h, and 316.2 h for pinning, cutting, and cutting-directing-planting, respectively. Compared with those of pinning, cutting-direct-planting and cutting reduced the labor for fixing daughter plants and defolination by 46.6% and 47.2%, respectively. Crown diameter of nursery plant was greatest under cutting-direct-planting at 12.5 mm. Floral bud emergence occurred 3 days earlier in the cutting than in the pinning and cutting-direct-planting. In addition, treatment with monopotassium phosphate in the cutting-direct-planting accelerated bud emergence by 10 days compared with untreated plants. Fruit yield was higher under cutting-direct-planting at 445.3 g, compared with 397.1 g under pinning, and cutting-direct-planting treated with monopotassium phosphate produced the highest fruit yield of 501.5 g. The results showed that the cutting-direct-planting method saved tasks and labor duration while improving nursery quality and fruit yield compared with the pinning. These finding indicate its potential as a new strawberry propagation method.

Key words : Cutting propagation, Flowering bud differentiation, Labor time, Monopotassium phosphate (KH_2PO_4), Pinning propagation

1. 서 론

국내 딸기(*Fragaria × ananassa* Duch.)의 생산액은 1조 5천억원(2022년)으로 주요 농작물 중 7위를 차지할 만큼 경제적으로 중요한 작물로 분류된다. 딸기는 런너를 이용하여 육묘하는 영양 번식 작물로서 모주 관리, 런너 고정 핀 작업, 적엽 및 병·충해 방제 등의 작업과 노동력이 대부분 육묘기에 집중되어 있다(Hwang et al., 2021). 우리나라 농업 인구는 2023년부터 연평균 2.0% 씩 감소하고 있으며, 2033년에는 174.2만명

Received 25 September, 2025; **Revised** 8 October, 2025;
Accepted 10 October, 2025
***Corresponding author** : Sang-Woo Lee, Division of Horticultural Science, Gyeongsang National University, Jinju 52725, Korea
Phone : +82-55-751-3259
E-mail : straw3259@gnu.ac.kr

이 될 것으로 예상하고 있다. 특히, 농업 인구의 감소세가 총 인구 감소세보다 더 심각하여 2033년 농업 인구가 3.4% 수준까지 감소할 것으로 전망된다(KREI, 2024). 최근에는 농·어업 고용인력의 원활한 수급을 위해 '농·어업 고용인력 지원 특별법' 이 2024년 2월 15일부터 시행되고 있지만(MAFRA, 2024), 근본적으로 농촌의 인력난을 해결하기에 미흡한 실정이다. 딸기는 영양 번식을 시켜서 육묘하기 때문에 대부분 자가 육묘에 의존하고 있으며, 육묘는 9월 정식기를 기준으로 5개월 전부터 선행된다. 이 시기는 과수, 밭 작물 등 다른 품목의 농가들과 노동 기간이 겹쳐져 있어서(RDA, 2024) 매년 만성적으로 노동력 부족 현상을 초래하고 있다. 우리나라 딸기 육묘는 대부분 유인 육묘 방법을 선호해 왔는데, 이 방법은 자묘가 모주로 부터 독립할 때 까지 런너를 통해 안정적으로 양·수분을 공급 받을 수 있는 장점을 가지고 있다. 그러나 자묘 고정을 위한 런너 핀 작업이 1개월 동안 2회-5회 순차적으로 진행되기 때문에 노동력이 집중적으로 투입되고, 묘 소질은 균일하지 못하며, 모주가 병원균에 감염되면 런너를 통해 자묘에 연속적으로 전염되는 문제점을 가지고 있다(Kang et al., 2011; Kang et al., 2019a; Zheng et al., 2019). 이와 같은 문제점을 개선하고자 일부 딸기 농가에서는 유인 육묘에서 삽목 육묘로 전환을 시도하고 있다(Kim et al., 2018; Kang et al., 2019b; Hwang et al., 2021; Lee et al., 2023). 삽목 육묘 방법은 묘 소질이 비교적 균일하고 노동력을 절감할 수 있어서 유럽에서 보편화된 방법이지만, 유인 육묘와 같이 육묘장의 트레이에서 육묘를 하기 때문에 밀식에 의한 묘의 도장과 병·해충 발생 등은 여전히 해결해야 할 문제이다. 최근 일본의 딸기 농가에서는 유인 육묘와 삽목 육묘의 문제점을 해결하고자 별도의 육묘장 시설 없이 재배 상에 직접 삽목 육묘하는 방법을 시도하고 있지만(Kanamori et al., 2019), 국내에서는 이에 대한 연구가 전무한 실정이다. 따라서 본 연구는 딸기 육묘 방법에 따라 육묘기의 주요 작업 내용, 시간, 노동 기간, 묘 소질, 그리고 과실 수량을 상호 비교하여 직접 삽목 육묘가 관행의 딸기 육묘 방법을 개선하고 실제 딸기 농가에 적용 가능성을 검토하고자 수행되었다.

2. 재료 및 방법

2.1. 실험 재료 및 실험구 처리

실험 재료는 딸기 '설향'(*Fragaria × ananassa* Duch. cv. Seolhyang) 품종을 이용하였고, 장소는 경남 거창군 가조면(위도 35°43'44" N, 경도 127°59'58"E)에 위치한 딸기 재배 농가에서 실험을 수행하였다. 육묘 방법에 따른 시험구 처리는 유인 육묘, 삽목 육묘, 직접 삽목 육묘를 하였고(Fig. 1), 직접 삽목 육묘는 안정적인 화아분화 유도를 위해 1인산칼륨(KH_2PO_4) 처리구와 무처리구로 구분하여 수행을 하였다. 육묘기에는 각각의 육묘 방법에 따라 주요 작업 내용, 노동 시간, 묘의 생육 특성 및 정식 후 과실 수량을 상호 비교 하였다.

유인 육묘는 2023년 4월 10일 딸기 전용 노지 육묘장의 고설 벤치에 펄라이트(40%, v/v)와 코코피트(60%, v/v)가 혼합된 상토(호현바이오)를 채워서 모주를 정식하였다. 모주의 양·수분 관리는 야마자키 처방 딸기 전용 배양액을 EC 0.8-1.0 $ds \cdot m^{-1}$로 설정하여 매일 일사량에 따라 식물체 당 100-300 mL씩 공급을 하였다. 이후 모주에서 발생한 런너의 자묘는 6월 2일부터 7월 8일까지 육묘용 트레이에 런너 고정 작업을 수행하였다. 7월부터 자묘의 양·수분 관리는 야마자키 처방 딸기 전용 배양액을 EC 0.8 $dS \cdot m^{-1}$ 로 설정하여 매일 일사량에 따라 식물체 당 30-150 mL씩 공급을 하였다. 8월에는 화아분화 유도를 위해 양액은 1주일에 3회 정도만 공급하면서 원수 위주로 양·수분 관리를 하였다. 자묘의 적엽은 6월 중순부터 7-10일 간격으로 엽 3매를 유지하면서 8월 말까지 진행하였다.

삽목 육묘와 직접 삽목 육묘에 필요한 삽수의 재료는 5월 27일 재배상 수확주에서 런너를 채취한 후 잎 2매 남기고 조제하여 2℃ 냉장고에 저장하면서 사용하였다. 삽목 육묘는 딸기 전용 육묘 트레이에 혼합 상토를 채워서 비가림 하우스 고설 벤치의 육묘장에서 삽목을 하였다. 삽목 후 육묘장의 습도는 미스터 시설을 설치하여 95% 이상 공중 습도를 유지하였고, 주간 온도는 35℃ 전·후로 관리하였다. 삽목 14일 후 뿌리가 완전히 활착된 자묘는 유인 육묘와 동일한 방법으로 육묘를 하였다.

직접 삽목 육묘는 6월 초순까지 재배되고 있는 수확주를 제거하고 다시 재배상에 삽목을 하였기 때문에 배지는 자연 태양열 소독을 하였다. 배지 소독은 고설 베드에 상토를 보충 한 후 Pullman et al.(1981), Komada and Fukui(1982), Nam et al.(2011)의 방법에 따라 점적 호스를 설치하여 배지 내 수분 함량을 60% 정도로 유지하였다. 그리고 0.01 mm 투명 PE

Pinning Cutting Cutting-direct-planting

Fig. 1. The pinning, cutting, and cutting-direct-planting propagation methods used in strawberry nursery plants in the experiment.

비닐로 멀칭한 후 2024년 6월 13일부터 15일까지 3일간 배지 소독을 하였다. 소독 기간 중에는 지중 10 cm 깊이에 온도 센서(SKU6470, Davis instruments, USA)를 설치하여 주간 온도가 55-60℃ 유지되도록 하였다. 직접 삽목 육묘는 태양열 소독을 마치고 6월 16일 재배 상의 고설 베드에 조제한 삽수를 직접 삽목을 하였다. 삽목 후 재배상 하우스의 주간 온도는 35℃ 전·후로 관리하였고, 습도는 미스터 시설과 무인방제기를 이용하여 삽수가 시들지 않도록 95% 이상 공중 습도를 유지하였다. 8월 육묘 후반기에는 안정적인 화아분화 유도를 위해 원수(EC 0.24 dS/m, pH 7.0, HCO_3^- 81.13 mg/L, NO_3^- 7.52 mg/L, NH_4^+ 0.00 mg/L)만 공급하면서 양·수분 관리를 하였다. 1인산칼륨 처리는 2023년 8월 6일부터 23일까지 500배액으로 희석하여 5일 간격으로 3회 엽면 살포를 하였다. 이후, 8월 24일부터 8월 31일까지 야마자키 처방 딸기 전용 배양액을 EC 0.4 $dS{\cdot}m^{-1}$로 설정하여 공급하였고, 9월 1일부터 4일까지는 EC 0.5 $dS{\cdot}m^{-1}$, 9월 5일부터는 EC 0.6 $dS{\cdot}m^{-1}$ 으로 모든 처리구를 동일하게 공급하면서 관리하였다. 하우스 내부 온도(SKU6470, Davis instruments, USA)와 일사량(SKU6450, Davis instruments, USA)등의 환경 데이터는 Netafim NMC Communication 프로그램의 NMCnet (version 4.07.18)을 이용하여 수집하였고, 육묘 방법에 따른 작업 내용과 일정은 Fig. 2와 같이 수행을 하였다.

2.2. 육묘 방법에 따른 작업 시간 계산

유인 육묘와 삽목 육묘의 단위 면적당 작업 시간은 육묘장 고설 벤치 길이 10 m, 폭 0.6 m의 딸기 전용 육묘 트레이(Drip-watering transplant box 24-cell, Daewoon industry, Korea) 30개에서 720주 묘 생산에 소요되는 작업 시간을 기준으로 하였다. 그리고 직접 삽목 육묘는 재배동 100 m 고설 베드에 삽수를 직접 삽목한 후 720주의 묘 관리와 생산에 소요되는 면적(길이 54 m, 폭 0.25 m)을 기준으로 작업 시간을 조사하였다. 육묘 방법에 따라 차이는 있지만 작업 내용과 목적 그리고 방법이 동일한 작업에 대해서는 작업 시간을 동일하게 적용하였다. 유인 육묘와 삽목 육묘의 육묘장 실제 작업 시간 계산은 Hwang et al.(2021)의 방법을 기준으로 육묘장 1개동(온실 폭 8.5 m, 길이 100 m, 육묘용 고설벤치 5줄)에서 1인 작업 시간을 계산식으로 환산하여 적용하였다(단위 면적당 작업 시간 × 온실 내 육묘용 고설벤치 개수 × 온실 내 육묘용 고설벤치 길이). 직접 삽목 육묘의 작업 시간은 묘의 개수를 기준으로 육묘장 1개동에서 재배용 하우스 5동 분량의 묘가 생산되는 것을 고려하여 계산하였다(재배용 고설 1베드 작업시간 × 온실내 재배용 고설베드 개수 × 재배용 하우스 5동). 육묘 방법에 따른 작업 시간은 농가별 시설 환경과 작업자의 숙련도에 따른 편차를 최소화 하고자 표준 작업 시간이 아닌 실제 해당 작업에 소요된 정미 작업 시간을 측정하였다. 또한, 본 실험에서 제시한 작업 내용들은 딸기 육묘 방법에서 필수적으로 수행되는 작업에 대해서만 평가하였고, 개별 농가에서 선택적으로 이행되는 작업은 제외하였다.

Propagation method	Details of works and process	Duration (day)	Start date	End date	Apr.	Mar.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.
Pinning	Disinfecting and arranging the tray	1	4.06	4.06						
	Bed soil filling for mother plant	1	4.07	4.07						
	Planting of mother plant	1	4.10	4.10						
	Bed soil filling for daughter plant	6	5.23	5.28						
	Pinning work	36	6.02	7.08						
	Defoliation and arrangment of runner	76	6.02	8.17						
	Division of daughter plant	1	8.28	8.28						
	Making hole for planting	1	9.11	9.11						
	Daughter plant collection and moveing	2	9.11	9.12						
	Planting	1	9.12	9.12						
	Total nursery period	190	4.06	9.12						
Cutting	Cutting collection	17	5.27	6.13						
	Cutting preparation	23	5.27	6.19						
	Disinfecting and arranging the seedling tray	1	6.05	6.05						
	Bed soil filling for daughter plant	1	6.05	6.05						
	Cutting work	1	6.10	6.10						
	Defoliation	34	7.01	8.03						
	Making hole for planting	1	9.09	9.09						
	Daughter plant harvesting and moveing	2	9.09	9.10						
	Planting	2	9.10	9.10						
	Total nursery period	138	5.27	9.10						
Cutting-direct-planting	Cutting collection	17	5.27	6.13						
	Cutting preparation	23	5.27	6.19						
	Cutting work	1	6.16	6.16						
	Defoliation	20	7.15	8.04						
	Total nursery period	101	5.27	8.04						

Fig. 2. The chart showing the labor duration required for pinning, cutting, and cutting-direct-planting propagation methods of the 'Seolhyang' strawberry nursery plants.

2.3. 묘 생육의 특성 조사

2023년 9월 5일 유인 육묘, 삽목 육묘, 직접 삽목 육묘한 묘의 생육 특성을 비교하기 위해서 육묘용 고설 벤치와 재배용 고설 베드에서 실험 처리구 별로 각각 30주씩 임의로 분리하여 뿌리수, 초장, 엽장, 엽폭, 관부 직경 및 생체중을 측정하였다. 묘의 뿌리수는 트레이에서 묘를 분리시켜 물로 상토를 깨끗이 세척한 후 1 cm 이상의 1차 근수를 조사하였다. 초장은 엽병과 엽을 포함하여 전체 길이를 측정하였고, 관부 직경은 근경의 상단 중앙 부위를 버니어캘리퍼스(MC-C01, Mechasolution Co., Korea)를 사용하여 측정하였다.

Table 1. The average work time for main works required to produce on pinning, cutting, and cutting-direct-planting propagation methods of 'Seolhyang' strawberry nursery plants in the unit area (0.5 m×10 m)

Main works	Work time(min.)		
	Pinning	Cutting	Cutting-direct-planting
Cutting collection	- [z)]	18.3±0.20	18.4±0.20
Cutting preparation	-	147.5±1.43	147.5±1.43
Disinfecting tray	18.3±1.27[y)]	18.3±1.27	-
Bed soil filling for mother plant	6.3±0.13	-	-
Planting of mother plant	24.3±1.35	-	-
Bed soil filling for daughter plant	24.4±1.33	24.4±1.33	-
Pinning work	244.3±30.4	-	-
Cutting work	-	98.2±1.36	98.5±8.15
Defoliation	155.1±21.4	113.1±4.42	93.6±10.7
Division of daughter plant	26.6±2.70	-	-
Making hole for planting	19.1±1.46	19.1±1.46	-
Daughter plant collection and moveing	26.4±2.24	26.4±2.24	-
Planting	152.1±12.5	152.1±12.5	-
Total work time	696.9±7.64	617.4±2.83	358.0±8.93

z) Not applicable
y) Mean±Standard deviation

2.4. 출뢰기 및 과실 수량 조사

유인 육묘와 삽목 육묘한 묘는 2023년 9월 10일 수경 재배용 고설베드에 코코피트와 펄라이트를 혼합한 상토(호현바이오)를 채우고 주간 15 cm 간격 2줄로 50주씩 3반복으로 정식을 하였다. 양액 관리는 생육 시기에 따라 야마자키 처방 딸기 전용 배양액을 EC 0.6-1.0 dS·m^{-1}로 설정한 후 식물체 당 1회 급액량을 60 mL로 조절하여 공급하였다. 급액 횟수 및 급액량은 일사량 제어방식으로(일사누적 120 J/cm^2, 최소시간 1시간 30분, 최대시간 4시간) 공급하였으며, 급액 시작과 종료 시간은 계절별로 일장에 따라 조절을 하였다. 직접 삽목 육묘는 6월 16일 고설 베드에 삽수를 직접 삽목을 하였고, 관수와 배양액은 유인 육묘의 정식 묘와 동일하게 공급하면서 관리를 하였다. 재배기간 동안 적엽은 노엽 위주로 하였으며, 적화 및 적과는 기형과를 먼저 제거한 후 식물체 세력을 유지하면서 1화방 10개, 2화방 7개, 3화방 4개로 착과수를 조절하여 관리하였다. 수확기 동안 하우스의 야간 온도는 온수 난방기를 사용하여 최저 9°C가 유지되도록 하였고, 시설 내 환경 및 식물체 생육 관리 그리고 병충해 방제는 농촌진흥청 딸기 표준영농교본에 준하여 촉성재배 작형으로 관리를 하였다. 출뢰기는 10월 1일부터 11월 2일까지 2일 간격으로 1화방의 꽃대가 관부에서 1 cm 정도 돌출되었을 때 50주씩 3반복으로 조사를 하였다. 과실은 2023년 11월 14일부터 2024년 5월 31일까지 꽃받침 아래 부분까지 80% 정도 붉게 착색되었을 때 1주일에 2-3회 수확을 하였다. 수확한 과실은 상품과를 대상으로 무게를 측정한 후 식물체 1주당 g 단위로 환산하여 수량을 표시하였다.

2.5. 통계분석

실험 결과의 자료는 Excel 프로그램(Microsoft Office Professional Plus 2016, Redmond, WA, USA)과 R 프로그램(ver. 4.1.2, 2021)을 이용하여 자료 정리와 일원분산분석을 하였고, 처리 평균간 비교는 평균과 표준편차, 표준오차 그리고 5% 유의수준에서 덩컨다중검정(Duncan's multiple range test) 방법으로 검정하였다. 그래프는 SigmaPlot 프로그램(SigmaPlot 12.5, Systat Software Inc, San Jose, CA, USA)을 이용하여 표현하였다.

Table 2. The average work time for main works required to produce on pinning, cutting, and cutting-direct-planting propagation methods of 'Seolhyang' strawberry nursery plants in the greenhouse (8.5 m × 100 m × 5 nursery high-bench)

Main works	Work time(hour)		
	Pinning	Cutting	Cutting-direct-planting
Cutting collection	- [z)]	15.4±0.27	15.4±0.27
Cutting preparation	-	123.3±1.25	123.3±1.25
Disinfecting tray	15.2±1.39 [y)]	15.3±1.39	-
Bed soil filling for mother plant	5.6±0.25	-	-
Planting of mother plant	20.7±1.19	-	-
Bed soil filling for daughter plant	20.3±1.48	20.3±1.48	-
Pinning work	203.3±25.6	-	-
Cutting work	-	81.1±1.35	91.0±12.1
Defoliation	129.4±18.4	94.5±3.42	86.5±15.4
Division of daughter plant	21.0±1.12	-	-
Making hole for planting	15.4±1.30	15.4±1.30	-
Daughter plant collection and moveing	22.4±2.10	22.4±2.10	-
Planting	126.4±10.1	126.4±10.1	-
Total work time	579.7±6.29	514.1±2.51	316.2±7.29

[z)] Not applicable
[y)] Mean±Standard deviation

3. 결과 및 고찰

3.1. 육묘 방법에 따른 작업 시간과 노동기간 분석

딸기 육묘기 육묘 방법에 따른 단위 면적당 세부 작업 시간을 비교한 결과(Table 1), 유인 육묘의 작업 시간은 런너를 고정하는 핀 작업에서 244.3분으로 육묘 작업 중에 가장 많은 노동 시간을 소요하였고, 다음으로 적엽과 정식 작업에서 각각 155.1분과 152.1분을 소요하였다. 삽목 육묘는 정식과 삽수 조제 작업에서 각각 152.1분과 147.5분으로 가장 많은 작업 시간을 소요하였고, 적엽과 삽목 작업에서는 각각 113.1분과 98.2분을 소요하였다. 유인 육묘의 적엽 작업이 삽목 육묘의 작업 시간보다 많이 소요된 것은 각각의 런너가 자묘에 서로 연결되어 있어서 적엽 작업 시 런너로 인해 손작업에 방해를 받았기 때문이었다. 그렇지만 삽목 육묘는 각각의 자묘가 서로 분리된 상태이기 때문에 적엽을 위한 손작업의 움직임에 간섭을 받지 않았다. 이 작업은 유인 육묘에서 런너 고정 핀 작업과 더불어 가장 주요한 작업 시간의 차이점으로 분석되었다. 직접 삽목 육묘는 삽목 육묘와 같이 삽수 조제에 147.5분으로 가장 많은 작업 시간을 소요하였고, 정식과 동일한 개념의 삽수 고정에서는 98.5분, 그리고 적엽 작업은 93.6분 소요되었다. 육묘기 단위 면적당(묘 720주 생산 면적) 작업 시간을 실제 딸기 육묘장 하우스 1개동 면적(폭 8.5 m × 길이 100 m, 육묘고설벤치 5줄)으로 환산 한 결과는 Table 2와 같다. 유인 육묘의 자묘 고정 핀 작업은 203.3시간을 소요하였고, 적엽과 정식은 각각 129.4시간과 126.4시간의 작업 시간을 필요로 하였다. 삽목 육묘는 정식과 삽수 조제에 각각 126.4시간과 123.3시간을 소요하였고, 적엽과 삽목은 각각 94.5시간과 81.1시간의 작업 시간을 필요로 하였다. 직접 삽목 육묘의 삽목과 적엽 작업은 각각 91.0시간과 86.5시간을 소요하였고, 삽수 조제에서는 123.3시간 소요되었다. 직접 삽목 육묘의 정식 간격은 삽수를 고정하는 작업을 정식 간격으로 하였기 때문에 삽목 육묘보다 이동 거리가 멀어서 삽수 고정에 많은 작업 시간을 소요하였다. 그러나 삽수 고정 간격이 15 cm로 적엽의 작업 공간을 충분히 확보하게

Table 3. Growth characteristics of 'Seolhyang' strawberry nursery plants according to pinning, cutting, and cutting-direct-planting propagation methods (n=30)

Propagation method	No. of Root	Plant height (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Crown diameter (mm)	Fresh weight (g/plant)
Pinning	26.9 a[z)]	27.0 b	10.6 b	9.9 a	10.4 b	25.7 b
Cutting	25.6 b	26.7 c	9.8 c	9.3 b	10.3 b	24.8 c
C-planting[y)]	26.3 ab	28.7 a	11.4 a	10.4 a	12.5 a	28.1 a

[z)] Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at p≤0.05
[y)] Cutting-direct-planting propagation method

되어서 적엽 작업 시간은 적게 소요되었다. 딸기 육묘기 육묘 방법에 따른 전체적인 작업 시간을 비교해 보면, 직접 삽목 육묘는 316.2시간, 유인 육묘와 삽목 육묘는 각각 579.7시간과 514.1시간의 작업 시간을 필요로 하였다. 따라서 직접 삽목 육묘는 삽목 육묘와 유인 육묘보다 각각 38.5%, 45.5% 작업 시간을 절약할 수 있었다. 삽목 육묘는 일반 유인 육묘와 비교해 볼 때 모주와 관련된 일련의 모든 작업을 생략할 수 있었고, 삽수는 독립된 상태로 삽목을 하기 때문에 자묘 분리 작업을 생략할 수 있었으며, 런너가 없는 상태이기 때문에 적엽 작업에서도 시간을 절약할 수 있었다. 이와 비교하여 직접 삽목 육묘는 유인 육묘와 삽목 육묘에서 필수적인 정식 작업과 그에 따른 부수적인 작업을 생략할 수 있었고, 삽목 육묘의 장점을 추가할 수 있었다. 그리고, 별도의 육묘장이 필요 없기 때문에 재배와 수확에 필요한 하우스 1동을 추가할 수 있어 토지 활용도를 높일 수 있었다(Kanamori et al., 2019). 육묘 방법 별로 노동 기간을 비교해 보면(Fig. 2), 유인 육묘는 모주 정식을 위한 작업이 4월 6일부터 시작하여 9월 12일 종료되었고, 전체 작업은 190일 소요되었다. 삽목 육묘는 5월 27일 삽수 채취를 시작으로 9월 10일까지 138일을 소요하였다. 직접 삽목 육묘는 병·충해 방제를 제외한 육묘기의 실제 작업은 8월 4일 종료되었고, 전체 작업은 101일 소요되었다. 따라서, 육묘 방법 별로 전체적인 노동 기간은 유인 육묘에서 가장 길었고, 삽목 육묘는 유인 육묘에 비해 노동 기간을 52일 줄일 수 있었다. 그렇지만 직접 삽목 육묘는 유인 육묘보다 노동 기간을 89일 줄일 수 있었으며, 자묘 관리에 작업의 효율성이 높고, 노동 강도를 줄일 수 있는 것으로 판단 되었다. Hwang et al.(2021)은 딸기 유인 육묘와 삽목 육묘의 하우스 1개동 작업 시간은 각각 178시간 23분과 169시간 2분 소요되었고, 노동 기간은 각각 158일과 113일이 소요 되었는데, 본 연구의 결과와 다소 차이가 있었다. 이런 원인은 육묘기 동안 작업의 내용과 육묘장 계산에 대한 면적의 차이로 생각되었지만, 삽목 육묘가 유인 육묘보다 작업 시간과 노동 기간을 단축 시킨 결과에 대해서는 일치하였다. 본 연구 결과 직접 삽목 육묘는 삽목 육묘보다 작업 시간과 노동 기간을 각각 38.5%, 26.8% 단축시킬 수 있어서 딸기 육묘기에 노동력을 경감시킬 수 있는 육묘 방법으로 판단되었다.

3.2. 묘의 생육 특성 비교

딸기 육묘 방법에 따른 묘의 생육 특성을 비교한 결과(Table 3), 유인 육묘가 삽목 육묘보다 뿌리수와 지상부의 생육이 우수하였지만, 관부 크기는 차이가 없었다. 유인 육묘는 1회차 자묘 고정 핀 작업을 6월 2일 시작 하였는데, 이 시기의 런너는 모주로 부터 안정적으로 양·수분 공급을 받으면서 유근은 40% 이상 발달하였다. 이런 영향으로 육묘 초기 뿌리의 활착과 생장이 좋았고, 지상부의 생육도 우수했던 것으로 판단되었다. 그러나 자묘 고정 핀 작업은 1개월 동안 진행되었는데, 4회차 이후의 자묘는 삽목 육묘보다 묘의 생장 기간이 짧아서 생육이 부진한 경향을 보였다. 이런 결과에 따라서 유인 육묘는 자묘를 고정하는 순서에 따라 묘 생육에 차이가 있었으며 묘가 균일하지 못하였다. 삽목 육묘는 6월 10일 일시에 삽목 작업을 진행하였지만, 뿌리가 완전히 활착하고 발달하는데 10일 이상의 기간이 필요하였고, 이로 인해 삽목 이후 초기 1개월 동안은 유인 육묘보다 묘의 생육이 부진한 경향을 보였다(Yamazaki et al., 2006; Hwang et al., 2021; Lee et al., 2023). 직접 삽목 육묘는 재배용 고설 베드에 주간 15 cm간격으로 삽목을 하였고, 9 cm 간격의 육묘용 트레이에서 육묘한 유인 육묘와 삽목 육묘보다 공간이 충분히 확보되어서 자묘 간의 양·수분 경합을 줄일 수 있었다. 그리

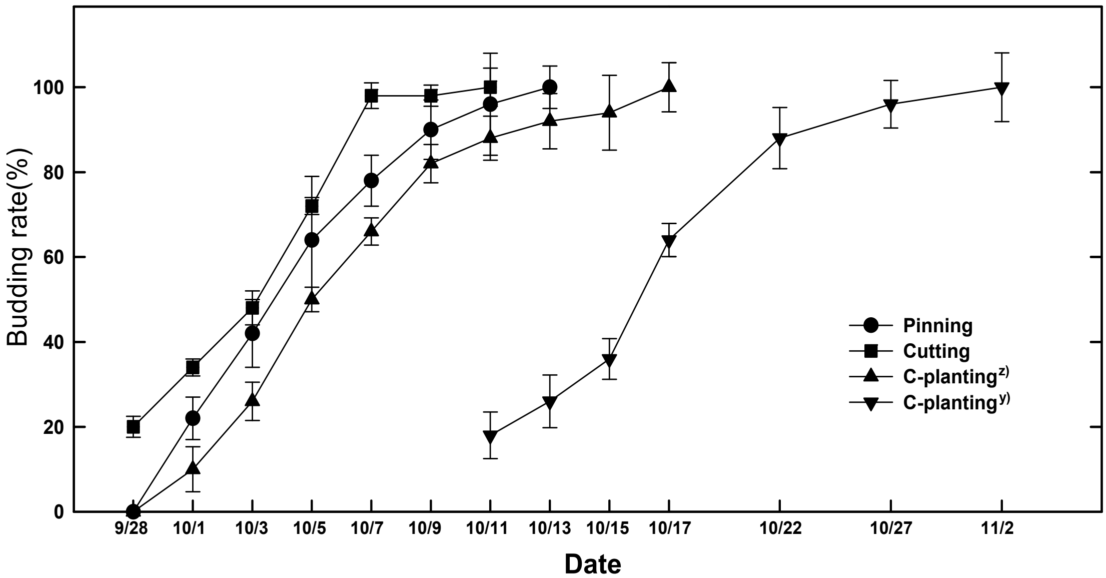

Fig. 3. Budding rate and budding period of 'Seolhyang' strawberry according to pinning, cutting, and cutting-direct-planting propagarion methods(Mean±Standard error, n=50).
z)Cutting-direct-planting propagation with treated KH_2PO_4
y)Cutting-direct-planting propagation with not treated KH_2PO_4

고 자묘 간의 삽목 간격이 충분하여 통풍과 수광량이 좋고 광 경쟁을 회피하여(Kim et al., 2011) 유인 육묘와 삽목 육묘보다 묘의 생육이 더 우수하였다. 특히, 직접 삽목 육묘한 묘의 관부 크기가 12.5 mm로 크게 나타났는데, 육묘 트레이에서 육묘한 묘 보다 밀식이 되지 않았고, 상토량도 충분하여 뿌리 발달이 좋고 관부의 생육도 좋았던 것으로 판단되었다. 딸기의 관부는 영양분의 저장 기관 역할을 하면서 동시에 새로운 잎과 1차근을 발생시키는 중요한 기관이다(Menzel and Smith, 2011; Torres-Quezada et al., 2015; Fagherazzi et al., 2021). 딸기의 관부 크기는 생장점 크기와 식물체 생장 그리고 화방의 꽃수에 직접 영향을 미치게 되는데(Kang et al., 2011), 직접 삽목 육묘는 관부 크기와 묘 생장에서 관행의 육묘 방법보다 묘 소질이 우수하고 좋았다.

3.3. 화방 출뢰기 비교

딸기는 육묘 후반기에 25℃ 이하의 저온과 13시간 이하의 단일 조건이 되어야 생장점이 꽃눈으로 분화를 하게 되는데(Uematsu, 1998; Kim et al., 2013; Park et al., 2024), 이런 환경 조건에서도 묘의 체내 질소 함량이 낮을수록 화아분화에 대한 감수성은 높다(Furuya et al., 1988; Ye et al., 2019). 직접 삽목 육묘한 묘는 육묘 트레이 없이 고설 베드에 직접 삽목을 하였기 때문에 발근 이후 근권을 제어하기 어렵다. 이로 인해 무기 영양분의 흡수가 높아서 뿌리 생장이 빠르고 영양 생장을 지속하면서 화아분화는 늦어지게 된다. 인산(P)는 뿌리 발달과 개화 촉진에 필요한 에너지를 전달해 주고, 칼륨(K)은 광합성과 식물 생장 그리고 꽃과 과실 발달 등의 대사 과정에 필수적으로 이용되는데, 1인산칼륨은 인산과 칼륨의 공급원으로 원예작물의 생식 생장기에 가장 많이 사용하고 있다(Marschner, 2011; Zhao and Tao, 2015). Fig. 3은 직접 삽목 육묘한 묘에 1인산 칼륨을 엽면 살포하여 1화방의 출뢰기를 비교하였다. 삽목 육묘의 화방 출뢰기는 9월 28일로 유인 육묘나 직접 삽목 육묘보다 3일 빨리 출뢰를 하였다. 1인산 칼륨을 처리한 직접 삽목 육묘의 화방 출뢰기는 10월 1일로, 무처리의 10월 11일보다 10일 빨리 출뢰를 하였다. 삽목 육묘와 유인 육묘의 1화방 출뢰 기간은 13일이었고, 1인산 칼륨을 처리한 직접 삽목 육묘는 17일, 그리고 무 처리의 직접 삽목 육묘는 23일 소요되었다. 따라서 직접 삽목 육묘는 1인산 칼륨을 처리하지 않으

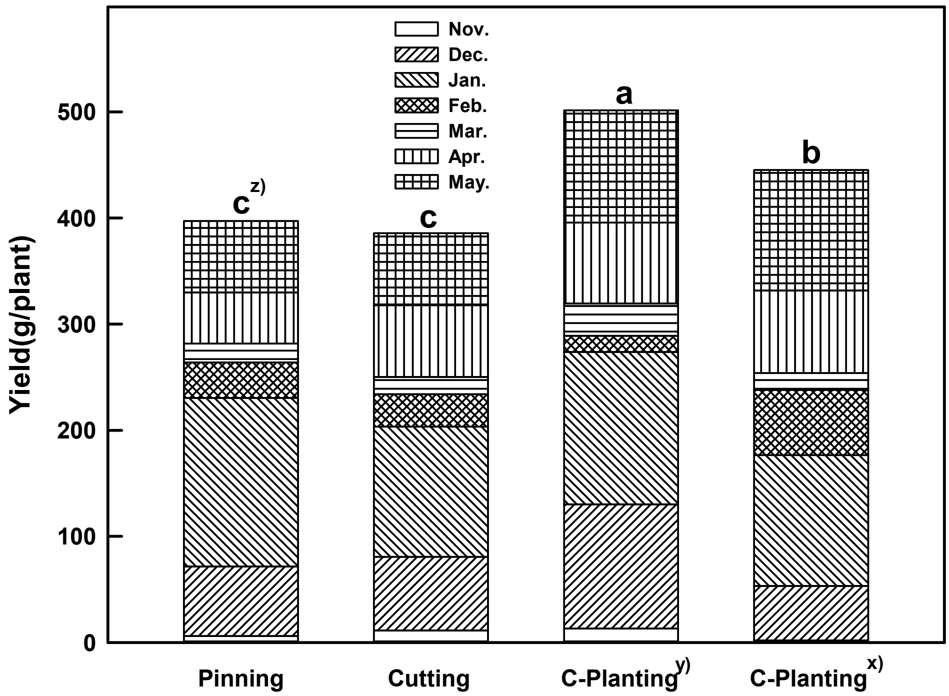

Fig. 4. Fruit yield per plant of 'Seolhyang' strawberry according to different pinning, cutting, and cutting-direct-planting propagation methods.
z)Different letters at the top of vertical bar indicate a statistical difference according to the Duncan's multiple rang test at $P \leq 0.05$ (n=50)
y)Cutting-direct-planting propagation with treated KH_2PO_4
x)Cutting-direct-planting propagation with not treated KH_2PO_4

면 출뢰가 늦고 출뢰 기간도 길었다. 딸기 육묘 후반기에 1인산칼륨 처리는 화방 출뢰를 촉진시키고 출뢰 기간도 단축되어서 개화가 균일한 효과가 있었다. 특히 직접 삽목 육묘는 육묘 후반기 1인산 칼륨을 처리하면 삽목 육묘보다 과실 수확이 늦기는 하였지만, 11월 중순부터는 상품성 있는 과실을 수확할 수 있었다. Nam et al.(2007)은 딸기 육묘기에 5-7 mM 농도로 1인산 칼륨을 10회 관주하면 '매향' 품종은 2일, '아끼히메' 품종은 8-9일 화아분화를 촉진시키는 효과가 있었지만 통계적인 유의차가 없었다. 벼에서는 인산(P_2O_5)과 칼륨(K_2O) 비료를 시용한 처리에서 무 처리보다 1-3일 일찍 개화를 시작하였는데 K 비료의 비율이 높을수록 개화 시기가 빨랐다(Ye et al., 2019). 이와 같은 연구 결과로 볼 때 식물의 생식 생장기 인산과 칼륨 처리는 화아분화와 개화 촉진에 효과가 있었지만, 작물 종류, 처리 시기, 주·야간 온도 등의 환경 요인에 따라 다소 차이가 있는 것으로 판단되었다.

3.4. 과실 수량 비교

딸기 육묘 방법에 따라 60일 이상 육묘한 묘는 고설 베드에 처리별로 정식한 후 11월부터 익년 5월까지 과실 수량을 비교하였다(Fig. 4). 직접 삽목 육묘는 유인 육묘(397.1 g)와 삽목 육묘(385.7 g)보다 수량이 많았다. 특히 1인산칼륨을 처리한 직접 삽목 육묘는 501.5 g으로 무 처리의 직접 삽목 육묘 445.3 g 보다 많았다. 직접 삽목 육묘는 관행의 딸기 육묘 방법과 비교하여 과실 수량에 차이가 없지만 노동 시간과 육묘장 면적을 줄일 수 있는 새로운 딸기 육묘 방법으로 제시를 하였지만 (Kanamori et al., 2019), 본 연구에서는 관행 육묘보다 과실 수량이 많았다. 본 연구의 삽목 육묘는 직접 삽목 육묘보다 화방 출뢰와 첫 수확은 빠르지만(Fig. 3), 11월에 조기 수확된 과실은 대부분 크기가 작아서 전체

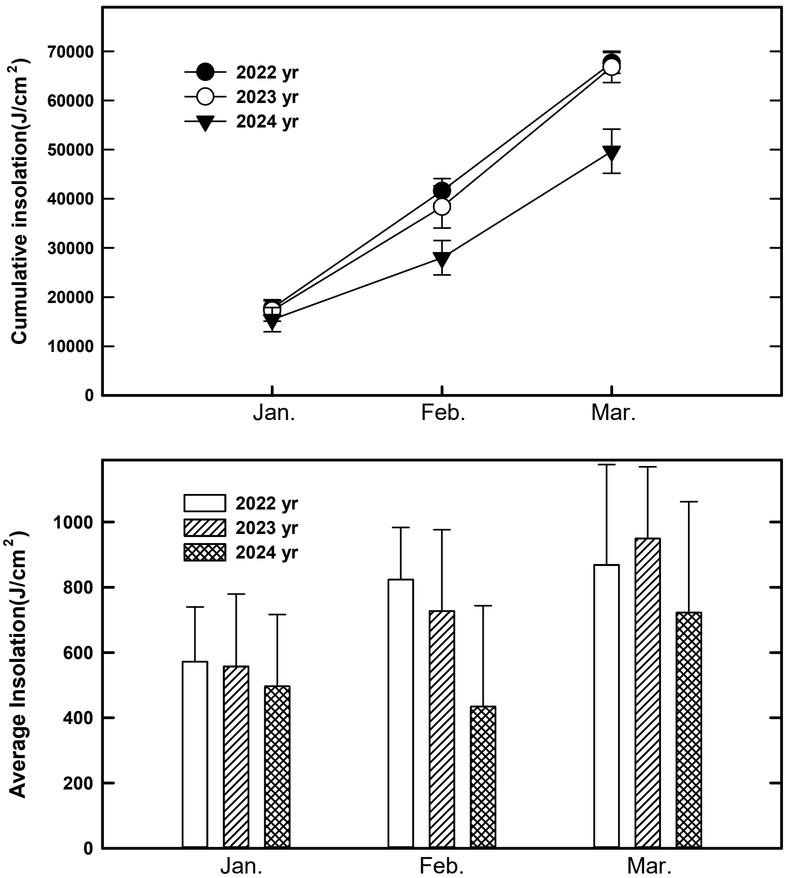

Fig. 5. Average and cumulative insolation inside thegreenhouse from January 1 to March 31 (Mean±Standard deviation, n=30).

과실 무게와 수량에 부정적인 영향을 주었다. 그렇지만 직접 삽목 육묘는 1인산칼륨을 처리하여 화방 출뢰를 촉진시켰고, 11월과 12월의 조기 수량(130.3 g)이 증가하면서 전체적으로 수량이 증가하였다. 무처리 직접 삽목 육묘의 2월 수량은 61.6 g으로 다른 육묘 방법보다 많았는데, 1화방의 출뢰와 수확이 늦어지면서 수확이 2월에 집중되었기 때문이다. 특히 4월-5월의 수량은 관행의 유인 육묘나 삽목 육묘보다 수량이 많았는데, 일찍 재배상에 직접 삽목한 묘의 뿌리는 양·수분 흡수력을 높이고 식물체 세력을 유지하면서 생육 후기까지 안정적으로 과실을 수확할 수 있었다(Jun et al., 2008). 일사량이 부족한 겨울철 지상부 생육과 뿌리의 활력은 과실의 착과수에 따라 영향을 받으면서 식물체 세력은 점차적으로 감소하게 된다(Jang, 2019). 무처리의 직접 삽목 육묘는 1화방의 출뢰와 첫 수확이 늦어지면서 식물체는 착과에 대한 부담을 줄일 수 있었고, 뿌리의 활력 감소에 영향을 미치지 않았던 것으로 판단된다. 삽목 육묘는 무처리의 직접 삽목 육묘보다 1월까지 조기 수량이 많았지만, 2월-5월 수량은 상대적으로 적었다. 삽목 육묘에서도 일사량이 부족한 겨울철 조기 착과에 대한 식물체의 부담으로 뿌리의 생장에 부정적인 영향을 주었던 것으로 생각되었다. 그러나 직접 삽목 육묘는 1인산칼륨 처리와 관계없이 삽목 육묘보다 수확 후반기까지 일정한 수량을 유지하였는데, 육묘기 묘의 생육과 관련이 있었던 것으로 생각된다. 특히 직접 삽목 육묘는 관부 직경이 크고, 정식에 필요한 이식 작업이 없었기 때문에 9월 부터 뿌리의 양·수분 흡수가 높아져 식물체 세력을 안정적으로 유지할 수 있었다. 2-3월의 과실 수

량은 모든 육묘 방법에서 감소하였는데 저온과 일사량 부족으로 판단되었다. 특히 2024년 1월 말부터 3월까지 흐린 날이 지속되었고, 2중 피복으로 하우스 내부의 누적 일사량이 급속히 감소하였기 때문이었다(Fig. 5). 2024년 1월부터 2월까지 일사량은 2023년과 비교하여 10,350 J/cm^2 부족하였고, 3월 말 기준으로는 17,158 J/cm^2 부족하였다. 겨울철 맑은 날씨의 하루 누적 일사량이 약 800-1,000 J/cm^{2}인 것을 고려하면 예년에 비해 2월 말까지 약 10일 정도의 일사량이 부족하였고, 3월 말까지는 약 17일의 일사량이 부족했던 것으로 나타났다. 직접 삽목 육묘는 육묘 후반기에 1인산칼륨을 엽면 살포하여 안정적으로 화아 분화와 출뢰를 유도하였고, 11월부터는 관행 육묘와 같이 과실을 수확할 수 있었다. 과실 수량에서도 일사량 저하 등의 외부 변수에 영향을 적게 받으면서 작기 종료 시점까지 일정하게 수확량을 유지하였다.

4. 결 론

유인 육묘는 우리나라에서 가장 일반화된 딸기 육묘 방법이지만, 육묘 기간이 길고 노동력이 많이 소요되며 작업 과정에 따른 육체적 스트레스를 동반하고 있다. 본 연구는 기존의 유인 육묘를 보완할 수 있는 새로운 '딸기' 육묘 방법을 검토하고자 하였다. 실험은 경남 거창군 소재 딸기 농가에서 설향 품종으로 수행을 하였다. 실험구 처리는 유인 육묘, 삽목 육묘, 직접 삽목 육묘를 하였다. 그리고 직접 삽목 육묘는 1인산칼륨 처리구와 무 처리구로 구분하여 수행을 하였다. 육묘기에는 육묘 방법에 따른 작업 내용과 시간을 조사하였고, 정식 전에는 묘의 생육 특성을 그리고 정식 후에는 과실 수량을 조사하여 비교하였다. 육묘기 동안 유인 육묘와 삽목 육묘의 작업 시간은 각각 579.7시간과 515.5시간을 소요하였고, 직접 삽목 육묘는 316.2시간을 필요로 하였다. 직접 삽목 육묘와 삽목 육묘는 자묘 고정에 필요한 핀 작업과 적엽 작업에서 유인 육묘보다 노동력을 각각 46.6%, 47.2% 절감하였다. 묘의 생육은 직접 삽목 육묘에서 관부 크기가 12.5 mm로 가장 좋았다. 출뢰기는 삽목 육묘가 유인 육묘와 직접 삽목 육묘보다 3일 빨랐고, 직접 삽목 육묘는 1인산 칼륨을 처리한 묘에서 무 처리보다 10일 빨랐다. 과실 수량은 무 처리의 직접 삽목 육묘에서 445.3 g으로 유인 육묘 397.1 g 과 삽목 육묘 385.7 g 보다 많았고, 1인산 칼륨을 처리한 직접 삽목 육묘에서 501.5 g으로 가장 많았다. 직접 삽목 육묘는 딸기 육묘기 동안 작업 내용과 노동 시간을 절감하였고, 묘 소질과 과실 수량에서도 유인 육묘 방법보다 우수하여 새로운 딸기 육묘 방법으로 현장에서 적용 가능성을 확인하였다.

REFERENCES

Fagherazzi, A. F., Zanin, D. S., Soares dos Santos, M. F., Martins de Lima, J., Welter, P. D., Richter, A. F., Baruzzi. G., 2021, Initial crown diameter influences on the fruit yield and quality of strawberry 'Pircinque', Agronomy, 11, 184, doi.org/10.3390/agronomy11010184.

Furuya, S., Yamashita, M., Yamasaki, A., 1988, Effects of nitro-gen content on the flower bud initiation induced by chilling under dark condition in strawberries (in Japanese text with English summary), Bull. Natl. Res. Inst. Veg., Ornamental plants and Tea Ser., D1, 51-57.

Hwang, H. S., Jeong, H. W., Kang, J. H., Hwang, S. J., 2021, Comparison of labor period, work time, and seedling growth in cutting and pinning transplants on 'Maehyang' strawberry, Journal of Bio-Environment Control, 30, 257-262, doi:10.12791/ksbec.2021.30.4.257.

Jang, M. S., 2019, Effect of nutrient solution concentration on root activity of strawberry 'Seolhyang' in hydroponics, Ph. D. Dissertation, Department of Horticulture and Landscape Architecture, Daegu University, Gyeongbuk, Korea.

Jun, H. J., Hwang, J. G., Son, M. J., Choi, D. J., 2008, Effect of root zone temperature on root and shoot growth of strawberry, Journal of Bio-Environment Control, 17, 14-19.

Kanamori, K., Ishizu, F., Tanaka, H., Asao, T., 2019, Strawberry cultivation by direct-planting using runner plantlets propagated from fruit-harvested plants, Horticultureal Research, 18, 33-38, doi:102503.4wj J 833.

Kang, D. I., Jeong, H. K., Park, Y. G., Wei, H., Hu, J., Jeong, B. R., 2019a, Humidification and shading affect growth and development of cutting propagated 'Maehyang' strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.) at propagation stage, Protected Hort. Plant. Fac., 28, 429-437, doi:10.12791/ksbec.2019.28.4.429.

Kang, D. I., Jeong, H. K., Park, Y. G., Hwang, S. J., Jeong, B. R., 2019b, Effect of nutrient solution strength and duration of nutrient starvation on growth and flowering of two strawberry cultivars, Journal of Agriculture & Life Science, 53, 19-28, doi:10.14397jals.2019.53.4.19.

Kang, H. J., Song, H. J., Park, S. J., Kim, Z. H., Lee, S. W., 2011, Effects of crown diameter on plant growth and fruit yield in strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.), J. Agri culture & Life Sci., 45, 81-86.

Kim, D. Y., Kim, T. I., Kim, W. S., Kang, Y. I., Yun, H. K., Choi, J. M., Yoon, M. K., 2011, Changes in growth and yield of strawberry (cv. Maehyang and Seolhyang) in response to defoliation during nursery period, Journal of Bio-Environment Control, 20, 283-289.

Kim, H. M., Kim, H. M., Jeong, H. W., Lee, H. R., Jeong, B. R., Kang, N. J., Hwang, S. J., 2018, Growth and rooting rate of 'Maehyang' strawberry as affected by irrigation method on cutting propagation in summer season, Protected Hort. Plant. Fac., 27, 103-110, doi:10.12791/ksbec.2018.27. 2.103.

Kim, D. Y., Chae, W. B., Kwak, J. H., Park, S. H., Cheong, S. R., Choi, J. M., Woon, M. K., 2013, Effect of timing of nutrient starvation during transplant production on the growth of runner plants and yield of strawberry 'Seolhyang', Protected Hort. Plant. Fac., 22, 421-426.

Komada, T., Fukui, T., 1982, Heating with plastic-film mulching in the out-door field for control of *Fusarium* wilt of strawberry, Ann. Phytopathol. Soc. Japan, 48, 699-701.

Korea Rural Economic Institute (KREI), 2024, Agricultural outlook 2024 Korea, Available via, http://www.krei.re.kr/krei/research, Report View, Accessed 10 July 2024.

Lee, S. W., Lee, Y. H., Hong, J. K., Choi, S. H., Park, S. J., 2023, Effects of cutting condition on quality of nursery plant and fruit yield in 'Sulhyang' strawberry, Journal of Bio-Environment Control, 32, 405-415, doi.org/10.12791/KSBEC.2023.32.4.405.

Marschner, H., 2011, Marschner's mineral nutrition of higher plants, London: Elsevier/Academic Press.

Menzel, C. M., Smith, L., 2011, Effect of time of planting, plant size, and nursery growing environment on the performance of 'Festival' strawberry in a subtropical environment, Hort Technology, 21, 56–66.

Menzel, C. M., Smith, L., 2012, Effect of time of planting and plant size on the productivity of 'Festival' and 'Florida Fortuna' strawberry plants in a subtropical environment, HortTechnology, 22, 330–337.

Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA), 2024, Special act on support for employment in agriculture and fisheries, Available via, http://www.mafra.go.kr/bbs/home /792/569464/ artclView.do, Accessed 12 July 2024.

Nam, M. H., Kim, H. S., Kim, H. G., 2011, Control of fusarium wilt of the strawberry caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *fragariae* of solarization with compost and calcium cyanamide application, Res. Plant Dis., 17, 32-37, doi: 10.5423/rpd.2011.17.1. 032.

Nam, M. H., Kim, H. S., Jung, S. K., Kim, T. I., 2007, The acceleration of flower bud differentiation on strawberry cvs. Maehyang and Akihime by KH_2PO_4, Korean Society for Bio-Environment Control, Conference Proceedings, 16, 53.

Park, S. J., Park, K. J., Kim, H. J., Park, C. H., Lee, S. W., 2024, Effects of nursery time low treatment on flower bud differentiation sensitivity and fruit yield in 'Seolhyang' strawberry, Journal of Environmental Science International, 33, 753-763, doi.org/ 10.5322/JESI.2024.33.10.753.

Pullman, G. S., DeVay, J. E., Garber, R. H., 1981, Soil solarization and thermal death: A Logarithmic relationship between time and temperature for four soilborne plant pathogens, Phytopathology, 71, 959-964.

Rural Development Administration (RDA), 2024, Available via, http://www.nongsaro.go.kr/portal/ ps/psb/psbx/cropEbookMain, Accessed 15 July 2024.

Seoul Agro-Fisheries & Food Corporation (SAFFC), 2023, Available via, http://www.garak.co.kr/price /OZViewer.do, Accessed 15 July 2024.

Torres-Quezada, E. A., Zotarelli, L., Whitaker, V. N., Santos, B. M., Hernandez-Ochoa, I., 2015, Initial crown diameter of strawberry bare-root transplants affects early and total fruit yield, HortTechnology, 25, 203-208.

Uematsu, Y., 1998, Principles and practices in strawberry cultivation. Seibundo-shinkosha, Tokyo, Japan, 2-44.

Yamazaki, K., Hamamoto, H., Ikeda. T., 2006, Comparison between two methods of raising daughter plants on initial growth and photosynthetic rate in strawberry, In XXVII International Horticultural Congress-IHC 2006: International Symposium on Seed Enhancement and Seedling Production, 771, 157-160.

Ye, T., Li, Y., Zhang, J., Hou, W., Zhou, W., Lu, J., Xing, Y., Li, X., 2019, Nitrogen, phosphorus, and potassium fertilization affects the flowering time of rice (*Oryza sativa* L.), Glob. Ecol. Conserv., 20, e00753.

Zhao, D., Tao, J., 2015, Recent advances on the development and regulation of flower color in ornamental plants, Front. Plant Sci., 6, 1-13.

Zheng, J., Ji, F., He, D., Niu, G., 2019, Effect of light intensity on rooting and growth of hydroponic strawberry runner plants in a LED plant factory, Agronomy, 9, 875-887, doi: 10.3390/agronomy9120875.

• Graduate school. Jong-Moon Park
Division of Horticultural Science, Gyeongsang National University
jmpark444@naver.com
• Professor. Sang-Woo Lee
Division of Horticultural Science, Gyeongsang National University
straw3259@gnu.ac.kr