

국내 스마트 채소 육묘 기술 개발 현황 및 전망

Current Status and Perspective of Smart Vegetable Seedling Production Technology in the Republic of Korea

강동현¹

Dong Hyeon Kang
국립한국농수산대학교
교양학부

이소영²

So Young Lee
국립한국농수산대학교
농수산융합학부

김혜경²

Hey Kyung Kim
국립한국농수산대학교
농수산융합학부

안세웅^{3*}

Sewoong An
국립한국농수산대학교
원예학부

¹ Department of Liberal Arts, Korea National University of Agriculture and Fisheries, Jeonju 54874, Korea

² Department of Agriculture and Fisheries Convergence, Korea National University of Agriculture and Fisheries, Jeonju 54874, Korea

³ Department of Horticulture, Korea National University of Agriculture and Fisheries, Jeonju 54874, Korea

ABSTRACT

In this study, we summarized the definition of smart vegetable seedling production technology, analysis of smart seedling production system, a hardware and software configuration model for smart seedling production system, research and development trends in smart seedling production system, and proposed future research and development plans for smart seedling production technology. Smart vegetable seedling production is a data-based seedling production, management, and distribution system that utilizes 4th Industrial Revolution technology to improve seedling productivity and quality. The production of vegetable seedlings using smart seedling production technology can be efficiently managed by collecting, analyzing, and managing information on seedlings, environment, and tasks at each stage of production by linking with the smart seedling integrated management system. However, there is still a lack of standardization of seedling standards and quality for each vegetable crop to establish smart seeding production technology, as well as development of smart seedling production element technology, which requires national wide R&D support.

Keywords: Smart, Seedling, Plug, Production, Management

Received Dec. 11. 2023
Revised Feb. 14. 2023
Accept Feb. 21. 2023

*Correspondence

Sewoong An
woong0911@korea.kr

서론

채소 육묘는 종자를 발아시켜 본 밭에 옮겨 심기 전까지 일정 기간 어린 식물인 모종을 키워내는 작업 과정을 말하며, 농작물 생산의 전초 단계로 발아, 접목, 활착, 생

장과 시비, 환경 및 병해충 관리 등 재배 관련 기술이 집대성되는 정밀 산업이다. 우리나라의 채소 육묘는 과거 개별 및 재래육묘에서 공동 및 집단 육묘를 거쳐 공정육묘 또는 플러그 육묘라 불리는 주문 방식의 공장식 육묘 생산 시스템으로 발전하였다. 특히 1990년대 초반 채소 공정육



묘의 도입으로 한 단계 발전하였으며, 재배와 육묘의 분업화, 규격화, 장치화, 자동화, 생력화, 주년화, 집단화, 대형화 및 전문화된 산업으로 확대되었다(Jang 등, 2013; Lee 등, 2010; Lee 등, 2013).

한편, 최근 기후변화, 난방비와 인건비 그리고 농자재 값 상승, 농촌 고령화에 따른 인력난 등으로 공정육묘장에서 묘 생산성 및 효율성에 관한 문제가 대두되고 있다. 또한, 최근 ‘코로나 19’의 사태로 인한 외국인 근로자 이용의 어려움은 공정육묘장의 인력 수급이 어려움을 가중시켰다. 반면, 육묘 산업의 발달과 함께 묘소질 향상 및 생산성 증대를 위해 개발된 신기술의 현장 적용 및 산업화 실용화 기술 보급이 미흡하다(An 등, 2021; Park, 2014).

채소 육묘는 작물의 종류에 따라 최대 2개월의 묘 생산 기간 동안 발아, 접목, 활착, 시비, 관수, 성장조절 및 병해충 방제 등 다양한 재배 관련 기술이 집대성되는 정밀 산업으로 다양한 기술의 적용을 통한 자동화가 쉬운 환경이다. 반면, ‘절반농사’라는 육묘는 농작업의 전초 단계로 농작물 생산성에 절대적 영향력을 미쳐 농작물 생산의 성패를 좌우하므로 우량묘 품질기준 설정이 중요하여 채소 생산은 우량묘 사용 여부에 따라 생산성 차이가 크다. 묘는 어린 상태의 식물체로 다양한 환경변화와 스트레스 요인에 민감하게 반응하기 때문에 묘의 품질은 다양한 요인에 의해 복합적으로 영향을 받아 결정된다. 또한, 채소 육묘장마다 묘 생산 환경이 다르고, 자체적인 육묘 기술을 적용하여 묘가 균일하고 규격화된 표준화와 품질 관리 그리고 출하 시기 조절이 어려운 실정이다.

이처럼 육묘장의 시설 노후화에 따른 효율성 있는 시설 자동화와 현대화 시설의 도입이 필요하고, 육묘기간 동안의 섬세한 관리와 함께 생육 상태를 진단하고 예측할 수 있는 기술의 개발이 필요하다. 4차 산업혁명과 연계된 AI, 빅데이터 및 IoT 등 기술을 활용한 스마트 채소 육묘 기술을 통해 각 육묘 단계에 적용한다면 생육 및 생리장해를 진단할 수 있는 기술 구현과 최종 출하 시기의 묘의 품질을 예측할 수 있고, 생산 효율성 및 노동력 절감을 기대할 수 있다.

따라서, 본 연구에서는 국내 스마트 육묘 기술 개발을 위한 스마트 육묘 정의, 스마트 육묘 시스템 분석, 스마트 육묘 시스템 하드웨어 및 소프트웨어 구성 모델, 스마트 육묘 기술 개발 연구 동향 및 스마트 육묘 시스템 개발과 이용 전망 등을 정리하고, 향후 스마트 육묘 기술 관련 연구개발 및 발전 방안을 제시하고자 한다.

본 론

스마트 육묘 정의

채소 육묘는 최대 2개월의 묘 생산기간 동안 발아, 접목, 활착, 성장조절 등 다양한 재배 관련 기술이 집대성되는 정밀 산업으로 다양한 기술의 적용을 통한 자동화가 쉬운 환경이다. 기후변화, 난방비와 인건비 그리고 농자재 값 상승, 농촌 고령화에 따른 인력난 등으로 공정 육묘장에서도 묘 생산성 및 효율성에 관한 문제가 대두되고 있다. 최근, 이러한 문제점 해결을 위해 채소 육묘 분야에도 스마트농업을 접목하여 채소 육묘 세부 공정의 자동화, 환경관리 및 재배관리 기술의 발전이 빠른 속도로 진행되고 있다. 따라서, 스마트 채소 육묘는 4차 산업혁명 기술이 농업에 접목된 스마트농업 기술을 활용하여 육묘 전 과정의 생산성 및 품질향상을 위한 데이터 기반의 육묘 생산, 관리 및 유통 시스템으로 정의할 수 있다.

이처럼, 채소 육묘는 스마트농업 및 4차 산업혁명 기술 적용을 위한 농업에서 최적의 분야로 인식되고 있으며, 개별 육묘 단계의 요소 기술로서 IoT 기반의 모종 생육 및 환경 정보 수집과 제어, RFID 칩을 이용한 모종 생산 이력 정보 수집, Cloud 및 스마트폰 기반의 모종 생산 및 경영 관리 시스템, 모종 생육 예측 및 진단 기술, 자동 접목 로봇 및 활착 촉진 환경관리, 생리장해 및 모종 품질 예측 기술 등의 다양한 분야의 적용이 가능하다(Table 1).

스마트 육묘 시스템 분석

1990년대 초반 농촌진흥청을 중심으로 농과계 대학과 함께 우리나라 채소 시설원예에 공정육묘 시스템 도입에 대한 타당성 검토, 한국형 채소 공정육묘 온실 모델 및 생산 시설에 대한 심도 있는 논의가 되었다. 민영봉(1993)은 채소 공정육묘 생산 시스템을 준비, 파종, 발아, 생육, 접목/경화, 출하 및 정식까지 총 7단계로 구분하였으며, 각 단계별로 사무실, 자재창고, 상토 조제 및 충전, 파종실, 발아실, 육묘 온실, 접목 활착실, 경화 온실, 검사/출하실의 시설과 자동파종기(상토충진, 진압기, 관수기 포함), 발아실, 자주식 관수장치, 환경제어장치, 접목 활착장치 등의 구비 필요성을 언급하였다. 또한, 박상근(1993)은 사무실, 육묘 온실, 작업실(창고), 주차 등 육외 작업 공간 등을 포

Table 1. Areas of smart seedling production technology

구분	주요 적용 가능 분야
IoT	- 모종 생육 및 환경 정보 수집과 제어 ※ 센서 및 영상장치 활용 - RFID 칩 등 이용 모종 생산 이력 정보 수집 및 관리
Cloud	- 모종 생육, 환경, 경영 정보 수집 및 관리
Big data	- 작물 수급 예측 가능 모종 생산 및 경영 정보 분석
Mobile	- 스마트폰 기반 모종 생산 및 경영 관리
AI(인공지능)	- 기계 학습 기반의 모종 생육, 시비·관수, 병해충 관리
로봇(자동화)	- 파종·접목·관수 작업 로봇화, 모종 이송 자율 주행 시스템 등

함한 한국형 공정육묘 온실로서 7,000m² 규모의 육묘 공장 설계 모델을 제시하였으며, 박중춘(2000)은 1993년에 제시된 공정육묘 시스템에 비해 공정육묘 온실의 노동력 경감을 위한 저장실, 무인방제기, 환경관리 소프트웨어 도입 등을 추가하여 생산시설의 규모 확대와 자동화 장치에 초점을 맞춘 공정육묘 생산 시스템을 제시하였다.

스마트 육묘 기술을 적용한 채소 모종 생산이더라도 전통적인 과채류 접목묘 생산 과정(파종 → 발아 → 접수/대목 육묘 → 접목 → 접목활착 → 접목묘 육묘 → 출하)에 따라 각 육묘 생산 단계별 생산 효율성과 효과성을 증대시킬 수 있는 접근 방안이 필요하며, 앞서 언급한 스마트 육묘 시스템 분석과 하드웨어 구성을 반영하여 스마트 육묘 기술 적용 모종 생산 프로세스 분석이 필요하다(Table 2). 스마트 육묘 기술 적용한 채소 모종 생산 프로세스의 가장 큰 차이는 각 육묘 생산 단계별 효율 증진을 위한 하드웨어 장치의 추가적인 설치와 각각의 개별 스마트 육묘 요소 기술이 스마트 육묘 통합관리 시스템과 연동되어 생산 단계별 모종, 환경, 작업에 대한 정보가 수집, 분석, 관리가 효율적으로 이루어지는 것으로 대표할 수 있다. 이에 따라, 육묘 농가의 경우 농가로부터 주문 받은 모종에 대한 합리적인 주문, 육묘 및 출하 계획을 수립할 수 있어야 한다.

스마트 육묘 시스템 하드웨어 및 소프트웨어 구성 모델

스마트 육묘 시스템 구성은 육묘장의 생산 단계별 작업 내용 및 고려 사항을 고려하여 하드웨어 장치, 소프트웨어 프로그램, 환경 및 생육 정보 수집 센서 영역으로 나누어 온실 구조, 모종 생산, 온실 환경 및 식물체 정보 수집, 육

묘장 통합 관리 장치로 구분할 수 있다(Fig. 1).

스마트 육묘 시스템 하드웨어 구성은 기존 육묘장에서 구비하고 있는 공정육묘 생산 시스템 및 장비에 관제실(사무실), 파종실, 스마트 발아실, 접수 및 대목 생산 식물공장형 육묘시스템, 영상인식 접목 로봇을 활용한 접목실, 스마트 LED 접목 활착실, 선별/출하실로 구성될 수 있으며, 소프트웨어 프로그램 영역인 스마트 육묘 통합 관리 시스템의 서비스 항목은 육묘 생산 단계별 수집 및 관리해야 할 정보를 활용하여 육묘 생산 및 출하 관리, 육묘 생산 계획 관리, 육묘 품질 관리, 육묘 생산 자재 및 고객 관리와 육묘 관리 결과 해석 등으로 구성된다(Fig. 2).

스마트 육묘 기술 개발 연구 동향

국내에서 공정 육묘 관련 약 1,043건의 특허가 존재하며, 국내 특허 검색 결과 스마트 채소 육묘 관련 기술은 영상 기반 원격모니터링에 대한 것 등 2건으로 매우 부족한 실정이다. 또한 국내 육묘에 대한 선행된 연구논문은 718건이지만, 민병로 등(2004)의 영상처리 기술 이용 작물 모종 시기 결정 논문을 제외하면 스마트농업 기술을 적용한 육묘 성장, 관리 등에 대해서는 매우 저조한 연구 결과가 도출되었다.

국내 본격적인 스마트 채소 육묘 기술은 2012년 농림식품기술기획평가원의 ICT 기반 채소 우량묘 생산 향상 기술:공정묘 생산 환경 개선 및 유통기술개발 과제를 통해서 에너지 노동력 절감 및 경영 효율 증대를 위한 시설 활용과 자동화 장치 이용 기술 개발과 공정묘 안정 공급 및 수출 확대를 위한 유통 저장 기술 개발로 시작되었다. 그 이후 2017년부터 농촌진흥청을 중심으로 ICT 기술을 적용한 육묘 기술 개발을 위한 연구를 수행하였으며, 국내 육

Table. 2. Vegetable seedling production process, equipment and facility with smart seedling production technology

공정	필요자재	관행		스마트
		필요장비	시설	장비 및 시설
묘생산 계획 작성			사무실	관제실
우량 품종 선정			자재창고	
상토혼합	상토	상토혼합기	상토조제	
상토충진	플러그 트레이	상토충진기	충진작업장	
파종	종자	파종기	파종실	스마트 파종기
복토	복토용 상토	복토기		
관수		관수장치, 운반용 대차		
발아촉진		환경제어장치	발아실	스마트 발아실
육묘	육묘용 비료	육묘벤치, 관수 및 환경제어장치	육묘온실	생육정보 수집 영상시스템, 스마트 관수기, 스마트 보광 시스템, 스마트 물리적 생육 조절 시스템, 모종 이송 장치
접목	접목도구	운반용 대차	접목실	접목 로봇
접목활착		환경제어장치	활착실	스마트 LED 활착/순화실
육묘	육묘용 비료	육묘벤치, 관수 및 환경제어장치	육묘온실	
경화			경화실	
포장	출하자재			품질 평가 영상시스템 스마트 모종 저장실, 모종 선별 로봇, 모종 포장 로봇
출하		운송수단	출하작업실	※ 기타 : 생산 단계 전반 환경 센서 및 RFID 게이트 적용

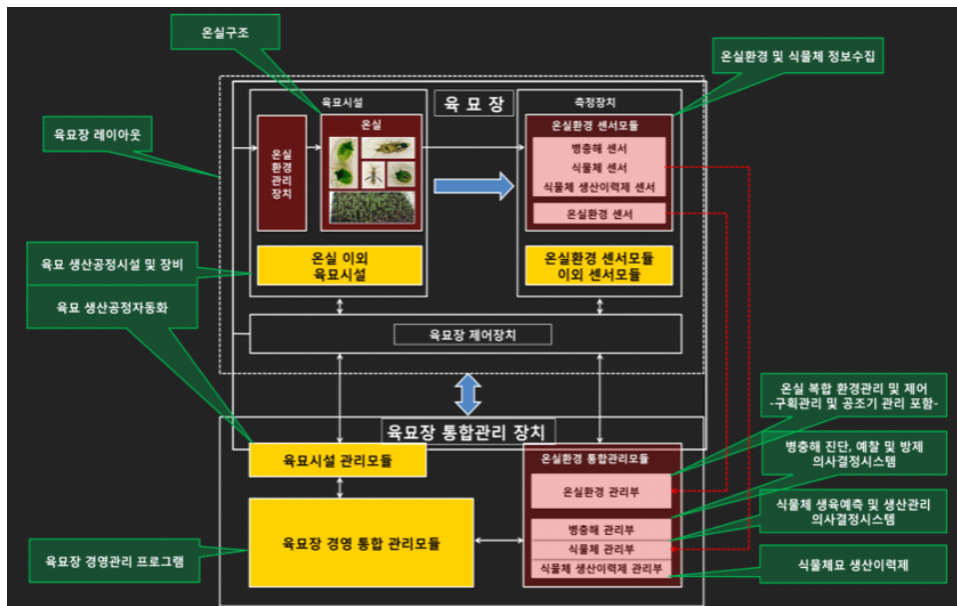


Fig. 1. A composition model of smart seedling production system.



Fig. 2. Service topics of smart seedling production integrated management system.

묘 산업분야의 스마트팜 기술 적용의 요구도 증가에 따라 스마트 육묘 기술의 적용, 기초 요소 기술 분석 및 개발, 스마트 육묘 R&D 테스트 베드 구축 연구가 수행되었으며, 데이터 기반 환경 모니터링 및 이미지 기반 모종 생육 정보 수집 등 기초 요소 기술 분석 및 개발 수행과 영상기반 육묘 발아율 및 외적 생육 정보 수집 영상 분석 등의 결과물이 도출되었다.

그러나 아직 스마트 채소 육묘 기술 정립을 위한 채소 작물별 모종 규격 및 품질 표준화와 관련 스마트 육묘 요소 기술 개발이 미흡하여 기존의 채소 모종 생산 기술 중심 연구를 보완하여 채소 모종 규격 표준화 확립으로 안정적인 채소 모종 유통 체계 확립과 국가 정책적으로 채소 모종 유통 안정화 시스템 구축 기본 자료 활용이 필요하다. 또한, 채소 모종 품질 관리 제도적 기반에 근거한 디지털 기술을 적용한 채소 모종 생산 및 품질 관리 제도 마련 및 육묘 품질 관리 기술 개발이 필요한 실정이다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 2021년부터 스마트팜다부처패키지혁신기술개발 사업을 통한 빅데이터 기반 스마트 육묘 및 2022년부터 농촌진흥청의 디지털 기술 적용 GAP 기반 육묘 기술 연구개발 사업이 진행되고 있다(Fig. 3).

스마트 육묘 시스템 개발 및 이용 전망

채소 육묘는 단기간에 파종-발아-1차육묘-접목-접목할착-2차육묘-출하의 정형화된 과정을 통해 이루어지고, 육묘 기간에 작물 재배, 환경, 병해충 등 모든 생산기술이 집적되어 있어서 4차 산업혁명의 주요 기술인 IoT, Big Data, 인공지능, 로봇 등의 적용이 타 농업 분야의 섹터보다 효율적인 적용이 가능하다. 또한, 스마트 채소 육묘는 생산기간이 상대적으로 짧기 때문에 생산기간이 긴 스마트 농업의 작물 생산 관련 스마트농업 장치 및 시스템 개발을 위한 테스트 및 현장 적용에도 유리하다.

전국 4곳에 설치된 스마트팜 혁신밸리 실증단지 입주한 기업체를 대상으로, 기업체가 개발하려고 하는 스마트 농업 장치 및 시스템에 대한 신뢰도와 정확도를 단기간에 적은 비용으로 효과성을 확인하기 위해 스마트 육묘 단계를 적용하는 것도 효율적일 수 있다. 부가적으로 전라북도의 경우 전라북도 스마트 농생명 밸리 연계 스마트 육묘 특화 단지 추진도 가능하다. 농촌진흥청, 민간육종연구단지 등의 농생명 연구기관 간의 상호 융합을 통해 종자의 생산에서부터 육묘까지 이어지는 스마트 육묘 특화 단지 밸류체인을 구축하여, 정밀종자생산-정밀육묘생산의 체계에 기반한 육종-종자생산-육묘생산의 가치사슬 구축이 가능하다. 스마트 육묘 특화 단지를 통한 우량 모종의 공급으로 생산

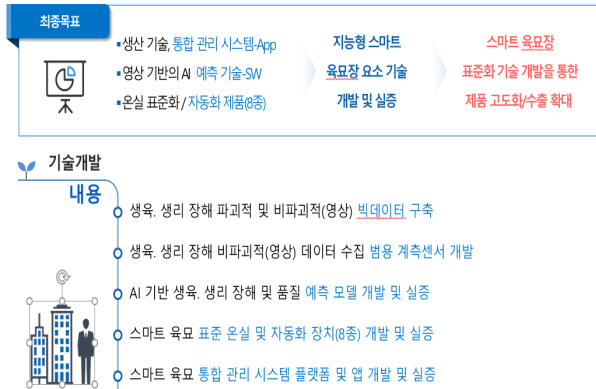


Fig. 3. Direction of research and development by Korea Smart Farm R&D Foundation (Left) and Rural Development Administration (Right).

성 향상과 지역 농민 수익의 증대로 지역 경제 활성화에 기여와 스마트 육묘 특화 단지 운영을 위한 다양한 분야의 전문가(유지보수 전문가 및 농업 관련 전문가 등) 및 인력이 필요하기에, 지역 일자리 창출에 기여할 수 있다. 또한, 스마트 육묘 특화 단지를 통한 지역 농업과 관련된 지식을 전달하고, 지역사회와의 소통과 교류를 도모할 수 있는 기회 제공과 스마트 육묘 관련 교육이나 체험 프로그램을 운영하거나, 지역사회와 함께한 이벤트나 프로젝트 기획과 더불어 일본 및 중국 등 수출 시장 확보도 가능하다(Fig. 4).

적 요

본 연구에서는 국내 스마트 육묘 기술 개발을 위한 스마트 육묘 정의, 스마트 육묘 시스템 분석, 스마트 육묘 시스템 하드웨어 및 소프트웨어 구성 모델, 스마트 육묘 기술 개발 연구 동향 및 스마트 육묘 시스템 개발과 이용 전망 등을 정리하고, 향후 스마트 육묘 기술 관련 연구개발 및 발전 방안을 제시하고자 한다. 스마트 채소 육묘는 4차 산업혁명 기술을 활용하여 육묘 생산성 및 품질향상을 위한 데이터 기반의 육묘 생산, 관리 및 유통 시스템이다. 스마트 육묘 기술을 적용한 채소 모종 생산은 개별 스마트 육묘 요소 기술과 스마트 육묘 통합관리 시스템이 연동되어 생산 단계별 모종, 환경, 작업에 대한 정보의 수집, 분석, 관리가 효율적으로 이루어질 수 있으며, 육묘 농가의 경우, 주문, 육묘 및 출하 계획을 합리적으로 수립할 수

있다. 하지만, 아직 스마트 채소 육묘 기술 정립을 위한 채소 작물별 모종 규격 및 품질 표준화와 관련 스마트 육묘 요소 기술 개발이 미흡한 실정으로 국가 차원의 연구개발 지원이 필요하다.

결 론

채소 육묘는 다른 농업 현장에 비해 4차 산업의 핵심 키워드인 ICBM과 AI, 로봇 적용의 가능성이 매우 크며, 개별 육묘 단계별 모종 생육 예측 및 진단 기술, 자동 접목 기술 및 활착 촉진 환경 관리, 생리장해 및 공정도 품질 예측기술 등 스마트 요소 기술 적용이 가능하다. 또한, 고령화로 인한 지속적인 인력 감소와 농자재값 상승 그리고 생산비 증가와 같은 문제점을 해결하기 위해서 4차 산업혁명 핵심 기술의 적용을 통한 육묘 생산성 및 자동화 향상이 가능한 스마트 육묘 기술의 개발이 절실한 상황이다.

빅데이터, 영상, AI 기법을 적용한 새로운 스마트 채소 육묘 기술은 최적 재배 환경 제공 및 생리장해 발생을 최소화하고, 단위 면적당 투입 노동력과 에너지 절감 등을 통해 공정육묘 농가 수익성 및 고품질 묘 생산 효율을 증대시킬 것으로 예상된다. 또한, 스마트 채소 육묘 기술 도입을 통해 도출되는 모종 생산 이력 정보의 활용으로 육묘 생산업체, 종자생산업체 및 농가 간의 분쟁과 같은 사회적 문제 발생을 감소시킬 수 있으며, 빅데이터 활용 작물별 표준 채소 육묘 생산관리 모델 및 출하 시기 조절, 모종

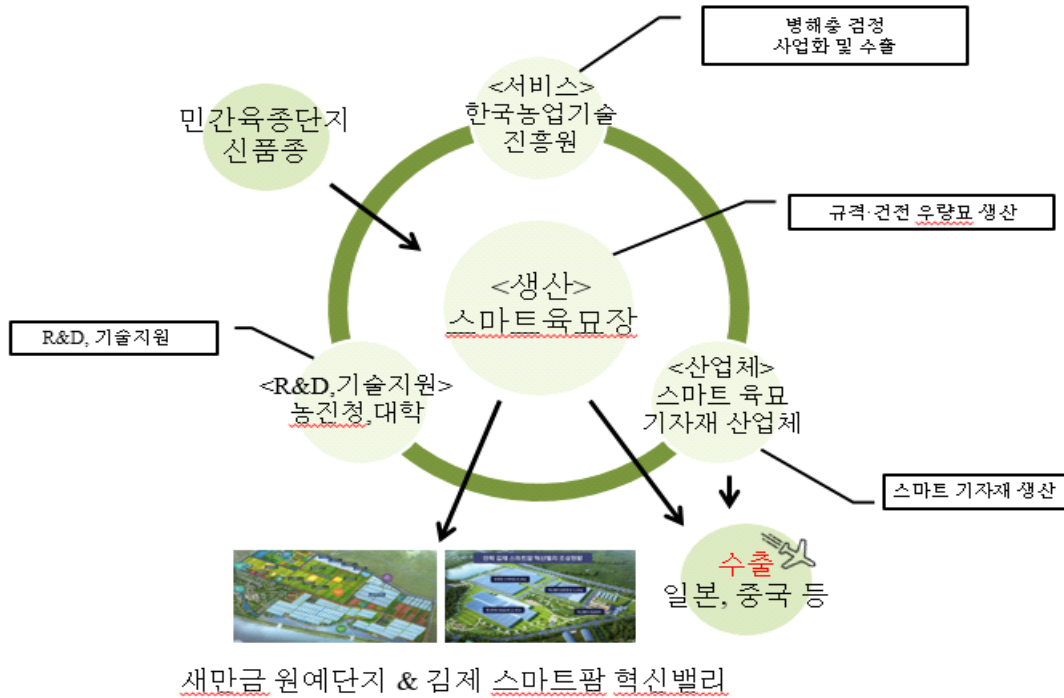


Fig. 4. A configuration model of smart seedling production complex.

생육 및 품질 예측 영상 기술 등의 스마트 채소 육묘 기술은 다른 스마트농업 분야의 적용과 다양한 배후 산업 발전을 촉진할 수 있다.

하지만, 아직 스마트 채소 육묘 기술 정립을 위한 채소 작물별 모종 규격 및 품질 표준화와 관련 스마트 육묘 요소 기술 개발이 미흡한 실정으로 국가 차원의 연구개발 지원이 필요하다.

사 사

본 연구는 한국농업기술진흥원 농업실용화기술R&D(과제번호: RS-2022-KO000831) 사업으로 진행되었습니다.

참고문헌

1. 민병로, 김용, 김동우, 이대원. 2004. 영상처리를 이용한 작물의 모종시기 결정. 생물환경조절학회지 13: 178-184.
2. 민영봉. 1993. 공정육묘 온실의 모델 설정. 생물환경조

3. 박상근. 1993. 육묘공장 설계 기본제원. 생물환경조절학회지 6: 45-49.
4. 박중춘, 2000, 공정육묘 온실의 생산시설과 자동화 장치, 생물환경조절학회지, 27-70.
5. An S, Bae JH, Kim HC, Kwack Y. 2021. Production of grafted vegetable seedlings in the Republic of Korea: achievements, challenges and perspectives. Horticultural Science and Technology 39: 547-559.
6. Jang YA, Yeo KH, Lee JG, Choi CS, Um YC, Lee SG, Yoon MK. 2013. Current status of grafted fruit vegetable transplants production and cultivation. journal of The Korean Society for Seed Science and Industry 10: 17-27.
7. Lee JM, Kubota C, Tsao SJ, Bie Z, Echevarria PH, Morra L, Oda M. 2010. Current status of vegetable grafting: diffusion, grafting techniques, automation. Scientia Horticulturae 127: 93-105.
8. Lee JW, Jang YA, Kim Y, Chun C. 2013. Vegetable

seedling production practices. History of Korean Horticulture Development, National Institute of Horticultural and Herbal Science: 127-133.

9. Park KH. 2014. A study on the establishment of raising seedling management system and legalization to enhance raising seedlings industry. Korea Rural Economy Institute.