



# 중형수목 컨테이너 스마트 생산시스템 연구

— 벚나무 가로수 중심으로 —

임업연구사 윤준혁 (jhyoon7988@korea.kr)

2019. 7. 17.(수)

산림바이오소재연구소

## 목 차

---

I. 기관 연혁 및 기관 미션

II. 컨테이너 연구 필요성

III. 컨테이너 관련 국내외 연구 동향

IV. 연구진행 현황 및 결과

V. 예상 성과 및 기대 효과



# 기관 연혁

산림과학 100년



# 국립산림과학원 (4개부 4연구소)

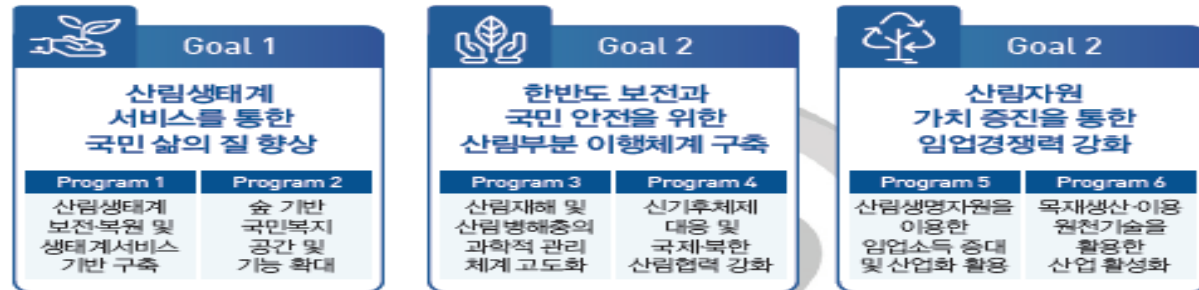


# 기관 미션

## Mission & Vision



## Strategy Goal



## Operation Strategy



## Core Value 3C의 실현



# 컨테이너 조경수 수요?

## 신도시, 구도심 조경수 수요

- 혁신도시, 클러스터, 집단주거지역 등 하자율이 낮은 조경수 수요
- 녹지지역 증가 및 구도심 내 가로수 세대교체 수요



컨테이너  
조경수 수요  
증가 예측

## 귀농귀촌, 전원주택 수요

- 생활패턴의 변화
- 수형우수, 이식시기 제한 없고
- 활착이 우수한 조경수 요구



## 북한 조경수 수요

- 남북교류 활성화, 조경수 수요
- 운반과 활착이 우수한 컨테이너 조경수





# 산림청 정책

출처 : 관상식물(조경수) 산업육성대책(2014년)

01

## 자생 수종 신제품 육성

- 조경소재 자생식물 등 활성화 지원
- 재배기술 연구강화 및 기술 보급
- 지역별 품종차별화를 통한  
특색있는 가로수 조성
- 기후변화 대응 난대수종 육성

02

## 조경수 생산기반 조성

- 조경수 생산단지 집단지화,  
규모화를 통한 경쟁력 강화
- 조경수 규격화, 표준화를  
위한 시설, 컨테이너 재배 추진
- 조경수 용도별, 기능별 생산  
체계 확립

03

## 유통체계 및 소득 안정망 구축

- 유통단계 개선 및 공동 운영  
체계 구축
- 유통센터 활성화 및 유통정  
보체계 구축
- 가로수 품질평가체계 정립을  
통한 가격체계 개선
- 조경수 재배지 안정성 강화

### (산림청) 조경수 컨테이너 재배시설 지원사업

- 대상 : 조경수 컨테이너 재배시설 지원
- 지원금 : 소액사업 기준 1억원/개소(국고 20%, 자부담 40%)

조경수 컨테이너 생산 시스템 미정립으로 지원 기준 혼재

(한국조경수협회 및 생산자) 컨테이너 생산 표준 매뉴얼 요청

# 파리나무, 서울나무





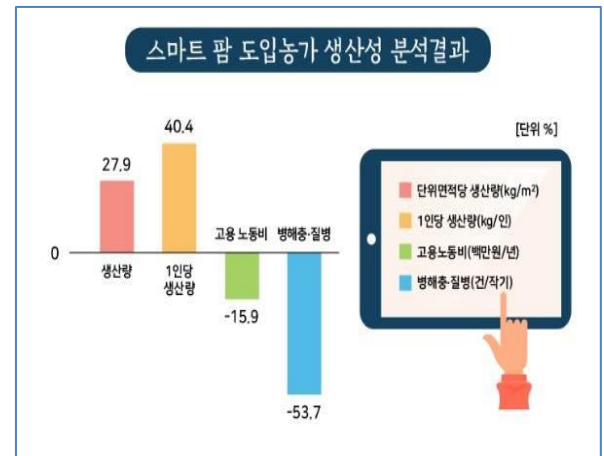
# 컨테이너 조경수 연구의 필요성

● LH 등 주요 수요처의 하자율이 낮은 컨테이너 생산 조경수 수요 증대

→ 국내 생산농가의 필요성 인지, 표준 생산매뉴얼이 없어 생산단계의 시행착오

● 고령화, 인건비 상승 극복과 에너지 절감을 위한 조경수 스마트 팜 필요성 대두

→ 국내 시설온실 위주, 일부 과수생산을 목적으로 노지 스마트 팜 적용 단계



1. 컨테이너 조경수 보급을 위한 생산 매뉴얼 정립 필요
2. 노지 컨테이너 생산 환경에 적합한 스마트팜 기술 개발 필요

# 컨테이너 관련 국외 연구 동향

## 뿌리 구조 연구(~1987)

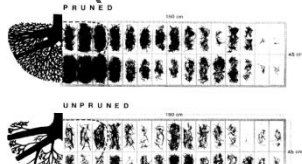


Fig. 3. Reconstruction of the root system distribution samples used in the study. Note the high concentration of roots in the root ball area on the pruned root system compared with the even density of roots over the entire spread of the unpruned root system.

## 컨테이너 종류 연구 (2010)

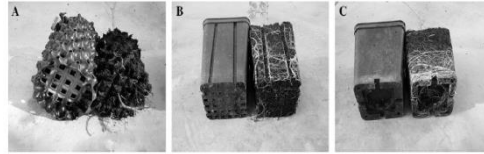


Fig. 4. (A) Rootball of field elm grown in 1.4 L Sapcon® Air-Cell™ (The Caledonian Tree Company, Pathhead, UK) at the end of the growing season. (B) Rootball of field elm grown in 1.4 L Quadro fondo rete (Bamaplant, Massa Cozzile, Italy) at the end of the growing season. (C) Rootball of field elm grown in 1.4 L smooth-sided square container (Stop quadro; ARCA spa, Oslo Sotto, Italy) at the end of the growing season.

## 컨테이너 관수, 단근처리 효과 연구(2016)

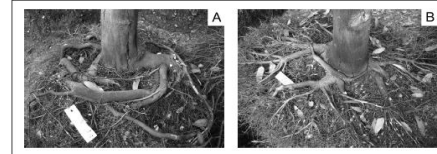


Figure 4. (A) Root system from #2 container not root pruned when shifting showing the prominent imprint from the #2 container (margin roots circling and descending center and top left) and a smaller imprint from the #15 container (circling roots bottom right). (B) Root system from #15 container showing when #2 and #15 were shifted to the larger container showing no #2 or #15 container imprint; there is a prominent imprint from the liner showing at least half the trunk circled with roots growing tight against the trunk. Liner root balls were not allowed when shifted into #3 containers. Note: Photographs were taken several months after trees were washed, which explains the cracked and dried appearance of trunk and root balls.



Fig. 7. Seedlings in different sizes of pots at the end of the growing season. The boxes appear in the background.

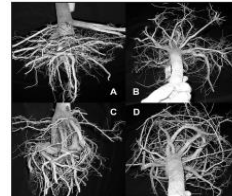


Figure 1. Four root systems from mahogany grown in the field for seven months after planting from a PC (A, B) or SC (C, D) container. Note the prominent imprint on the root system and vertical orientation of structural roots associated with poor anchorage (SC container, bottom) and little imprint and horizontal orientation associated with better anchorage (PC container, top).



## 컨테이너 규격 연구 (1995)

## 컨테이너 시비, 활착 연구 (2014)

## 컨테이너 이식 방법 연구(2018)

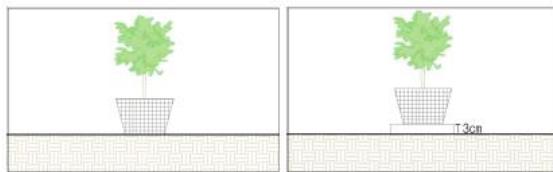
Whitcomb System : 유묘부터 강인한 세근발달을 시키면서 중 · 대형수목 생산

단계 방법	1 단계 (소형컨테이너)	2 단계 (중형컨테이너)	3 단계 (중 · 대형 컨테이너)		4 단계 (대형 컨테이너)
			노지 지중재배	컨테이너 재배	
I	 4구 용기	 3.8~11.4 L	 12' ~18' bag	 26 L	 113~188 L
II	 60구 용기	 18.9 L		 56 L	 113~225 L



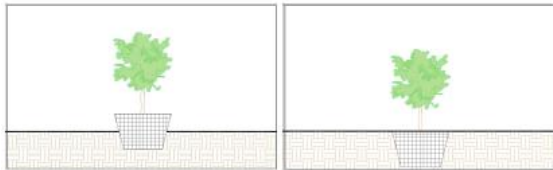
# 컨테이너 관련 국내 연구 동향

- 조경수목의 컨테이너 생산기술개발(농림부, 1999)
- 컨테이너에 의한 조경수 생산방식이 이식 후 활착에 미치는 영향(한경대, 2001)
- 컨테이너를 이용한 수목 생산 기술에 관한 연구(강태훈, 2009)
- 난대 조경수 생산체계 개발 및 산업화 전략(건국대, 2009)
- 컨테이너를 이용한 수목 생산기술 개선방안 연구(손인기, 2013)
- 컨테이너를 이용한 재배방법에 따른 조경수의 생장 비교(조연희, 2014)
- 한국형 컨테이너 조경수 생산기술로 컨테이너 모듈의 성능 평가(정용조, 2016)
- 자생수종을 활용한 가로수 개발 및 품질표준화 연구(2016~2018)



지면재배

지상재배



반지중재배

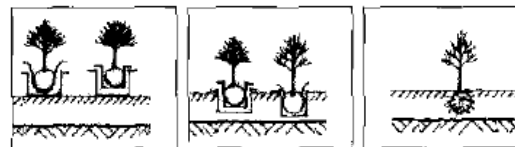
지중재배



a. Root control bag

b. PP-bag

c. Geo-cell



d. Double pot (above)

e. Doublepot (in-ground)

f. Control





# 스마트팜 관련 국외 기술 동향



## 정밀 농업



- 환경정보 빅데이터 분석으로 의사결정
- 토양수분, 기상, 작물생장 등 정보 제공
- 추가 부가가치 연간 200억 달러 추정



## 클라우드



- 사물지능통신 기반 생육환경 감시시스템
- IoT 센서를 이용한 재배환경 데이터 계측
- 기술 적용 농가 수확량 20~30% 증가



## 스마트 관수



- 관수, 재배환경 모니터링 분야 선두주자
- 식물 스트레스 감지 센서 개발
- 수분, 시비시기 자동 결정 시스템 개발
- \* 수확량 40% 증대, 물 소비 60% 절약



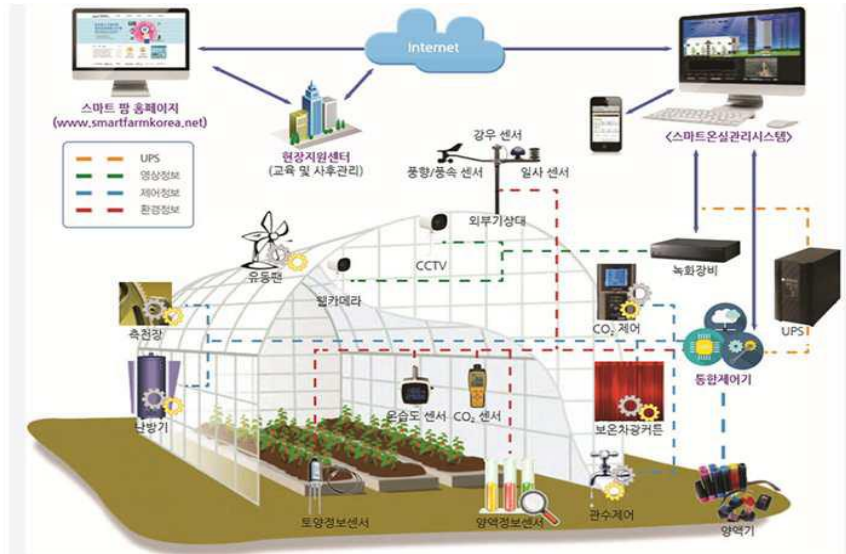
## 생장모델



- 불리한 환경을 스마트 온실 등으로 극복
- 소형 정밀센서 활용 생체정보 측정
- 생육 및 생산량 예측 생장모델링 기술
- \* 토마토 (네델란드) 198kg/평, (한국) 100kg/평

# 스마트팜 관련 국내 기술 동향

## < 시설온실 중심 원격제어 기술 >



## < 노지 스마트 관개 기술 >

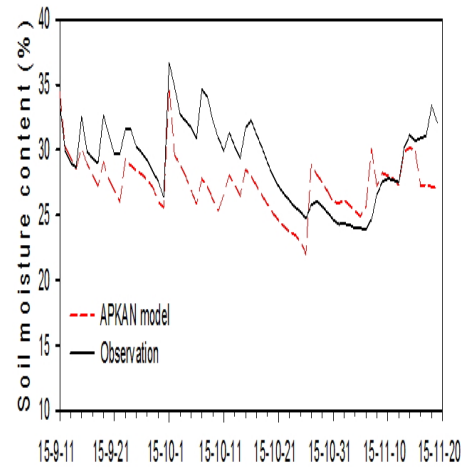


## 동향, 정보분석

- KREI(2013) 농업분야 IT 융합기술 발전을 위한 지원 전략 제시
- Lee 등(2014) IoT 기술 적용 농업분야 개방형 플랫폼 구축 제안
- 여육현 등(2016) 스마트팜 구현을 위한 연구동향 및 핵심기술 분석

## 모니터링 및 제어

- Seo 등(2002) C++ 언어를 개선한 그래픽컬 언어 Labview 시스템
- Lee 등(2010) 단일 노드 통합 센서 모듈 개발
- Kim 등(2013) 식물 생장 최적 환경 제공 스마트 모니터링 시스템
- 황수연 등(2017) IoT 기반 온실 온습도 제어정보 제공 시스템
- 염성관 등(2018) IoT 이용 지능형 노지 농작물 관리시스템



# 연구과제 개요



**연구제목 : 가로수용 자생 빛나무의 스마트 생산시스템 연구**

 **연 구 기 간 : 2019 ~ 2023년 (1년차)**

 **연 구 책 임 자 : 산림바이오소재연구소 윤 준 혁**

 **협 업 부 서 : 산림소득자원연구과, 난대아열대산림연구소**

 **협 조 기 관 : 연암대학교, (주) 수프로, 미소조경**



# 연구목적 및 추진 체계

- 자생 벚나무류 활용 고품질 가로수 개발을 통한 재배농가 소득원 창출
- 규격화된 고품질 가로수 보급을 위한 컨테이너 스마트 생산시스템 구축

## 기술이전 및 현장 보급

### ● 경제적 실효성 평가

- 생산농가 및 실증 연구
- 보급 타당성 분석

### ● 가로수 컨테이너 생산 기술

- 적정 컨테이너 생산 시스템
- 품질 규격화 수형조절 기술

## 신품종

### ● 자생 벚나무 우수 품종 육성

- 품종후보라인 안정성 평가 (꽃특성, 직립형 수형)
- 환경내성 평가 및 신품종 개발

## 생산기술

### ● 스마트 생산 기술

- 센싱 기반 관수 기술
- IoT 기반 복합환경 제어 모듈

### ● 가로수 3D 시각화 모델

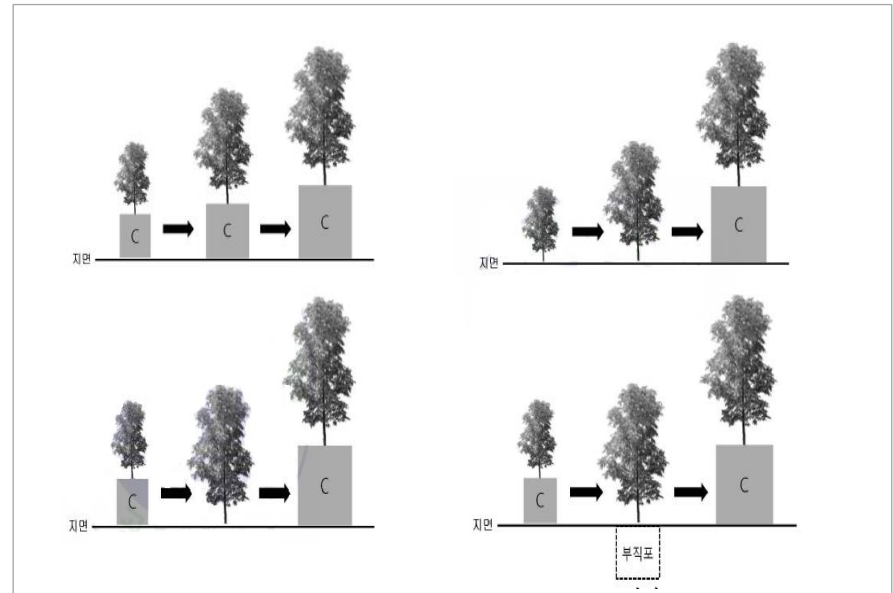
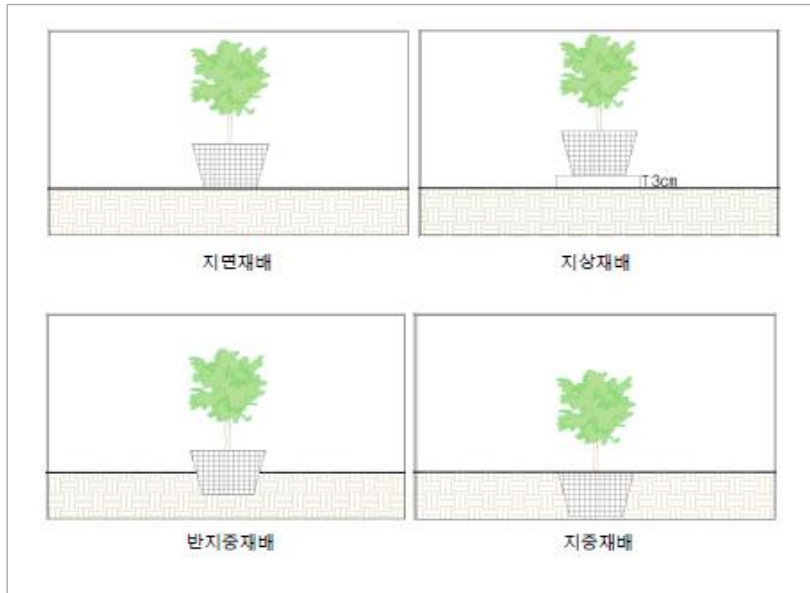
- 3차원 시뮬레이션 가로수 조성 모델 개발

## 보급기반

### ● 개발 품종 DNA 지문 작성

- 개발 품종 식별 적용성 검토
- 유통 적용 방안 마련

## 컨테이너 재배 유형 및 방법



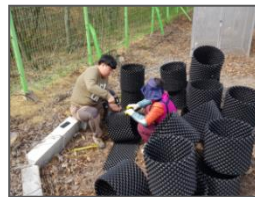
## 컨테이너 생산 연구 분야 설정



[중간목]



[말칭]



[컨테이너 준비]



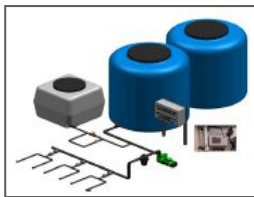
[규격/이식]



[고정]



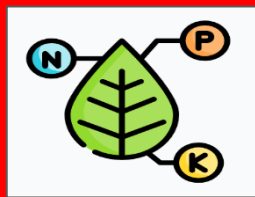
[전정]



[관수시스템]



[물관리]



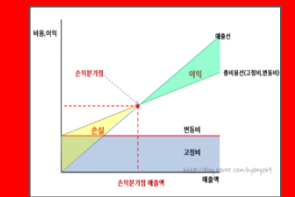
[시비]



[병해충]



[스마트팜]



[경제성]

- 연구목적 : 국내 컨테이너 중대형목 생산시스템 부재, 생육단계별 근계 발달 모델 정립
- 연구방법
  - 국내 컨테이너 가로수 근계 구조 분석을 통한 문제점 도출
  - 주요 컨테이너 생산 수종의 생육단계별 특성분석을 통한 적정 규격 추정



Effect of Tree Size, Root Pruning, and Production Method on Root Growth and Lateral Stability of *Quercus virginiana* (2010)



● 국내 생산 컨테이너 가로수 수종별 뿌리발달 상황 분석

수종	수령 (Year)	컨테이너용적 (L)	뿌리 비율(%)			뿌리형태분포(%)			뿌리 상태
			<5mm	5~10mm	10mm<	뿌리돌림	뿌리굵음	정상뿌리	
편백	4	4	62	5	33	0	0	100	정상
	5	12	54	9	37	0	0	100	정상
상수리나무	5	4	22	16	62	60	35	5	불량
	5	12	20	32	48	36	17	47	보통
	3	25	17	13	70	30	60	10	불량
	5	75	18	20	62	55	20	25	불량
단풍나무	6	12	5	8	87	90	5	5	불량
	2	25	47	13	40	0	5	95	보통
	4	75	41	14	45	0	15	85	보통
산딸나무	6	12	14	12	74	75	15	10	불량
	3	25	52	13	35	0	5	95	정상
	5	75	38	14	48	0	10	90	보통
이팝나무	3	25	50	15	35	0	5	95	정상
	4	75	28	23	48	0	15	85	보통
녹나무	7	95	17	36	47	0	30	70	보통
산딸나무	5	95	28	38	44	0	15	85	보통



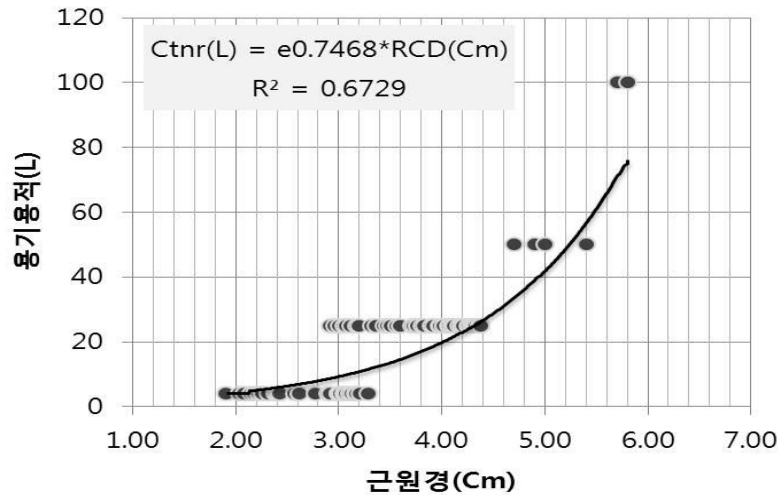
정상과 불량 두 집단의 뿌리형태분류 차이 검증

(N=45)

정상/ 불량	용적	근원경	SQI	전체 건중량	뿌리 건중량	줄기 건중량	수고	잎 건중량	가지 건중량	수종	T/R율	H/D율
상관계수	0.055	0.617	0.599	0.577	0.546	0.510	0.460	0.424	0.368	0.342	0.101	-0.051
T	-7.341	-15.709	-8.468	-9.806	-7.844	-9.321	-12.278	-8.618	-8.422	-6.239	-2.239	-18.749
P-value	0.720	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.004	0.013	0.021	0.507	0.000

\* 정상과 불량집단 간의 용적에서는 유의성이 없으며, 근원경>SQI>전체건중량 순으로 유의한 차이가 발생

# ● 주요 가로수 수종의 생육단계별 컨테이너 용적 추정 및 국내 규격(안) 제시



<국내 컨테이너 조경수 규격별 컨테이너 규격(안) 제시>

구분	조경수 규격		국가별 컨테이너 규격 (L)				비고
	수고 (m)	근원경 (cm)	미국*	캐나다**	일본***	국내(안)	
1단계 (3~4년)	1~2	1~2	3.8	3.8	3 내외	4	대묘
	2~3	2.5~4	11.4	11.4	12 내외	12	중간목
2단계 (5~6년)	3~4	4~6	26.5~56.8	26.5~56.8	-	50~60	소형 수목
3단계 (7~8년)	4~5	6~8	113.6	113.6	-	100 이상	중형 수목

\* ANLA(2014) American Standard for Nursery Stock : ANSI Z 60.1-2004.

\*\* Canadian Nursery Landscape Association(2017) Canadian Standards for Nursery Stock. 9th Edition.

\*\*\* 近藤三雄, 加藤守宏, 小池英憲, 河村止(1994) 都市緑化用樹木の生産技術と緑化.

<생육단계별 컨테이너 적정 용적 추정모델에 의한 평가치>

RCD(cm)	Ctnr(L)	RCD(cm)	Ctnr(L)
1.0	2	4.5	29
1.5	3	5.0	42
2.0	4	5.5	61
2.5	6	6.0	88
3.0	9	6.5	128
3.5	14	7.0	186
4.0	20		

**조경수 컨테이너 재배시설 지원사업 실행 지침(안)**

□ 사업목적

- 단기간 규격화된 수량 조경수 대량 생산·공급기반 구축
- 조경수 시장규모 대응 및 입가의 소독 증대

□ 추진방향

- 조경수의 노지재배 시스템을 시설재배 시스템으로 전환 유도하기 위해 시범적으로 지원
- 비닐하우스, 관수·시비시설, 컨테이너, 지주대 등 컨테이너를 이용하여 조경수를 재배하는 시설 기반을 지원

□ 지원 사업내용 · 실행작업별 실행지침

구분	공모사업	소재사업
사업주관	지방자치단체	지방자치단체
지원대상	조경수 재배 관련 사업자등록을 하여 조경일에 종사하는 자로서, 이태의 지방자치청 공 하나를 제출하는 자	입찰인 등, 생산자단체
지원자격	입찰주제자, 독립자, 신기술농업인(입찰분야), 생산자단체	입찰인 등, 생산자단체
보조비율	최고 40%, 가점비 20%, 물가·자부담 40%	최고 30% 가점비 20%, 물가·자부담 40%
지원한도 (총사업비 기준)	1억 원 이하 (시설재배) 2~10억 원 이내	1억 원/개소 이내
사업단가	시설재배: 500만 원/개소 이상, 노지재배: 100만 원/개소 이상	시설재배: 500만 원/개소 이상, 노지재배: 100만 원/개소 이상
기타	공모사업 지원조건 (노지) 10,000㎡/개소 이상 / (시설) 1,000㎡/개소 이상	공모사업 지원조건 (노지) 10,000㎡/개소 이상 / (시설) 1,000㎡/개소 이상

○ 컨테이너

- 조경수 재배용으로 개발된 용기로 뿌리돌림 현상 방지는 물론 세균 발달을 촉진할 수 있는 컨테이너이어야 함.
- ① 공기단순, 수분배출 및 측면 뿌리 유도용 개구선
- ② 뿌리발달 촉진용 개구선
- ③ 용기내부와 지면분리를 막
- ④ 비이상적인 측면 뿌리방지선
- ⑤ 최하단부 뿌리 유도선

< 주요 가로수의 생육 단계별 컨테이너 국내 규격(안) >

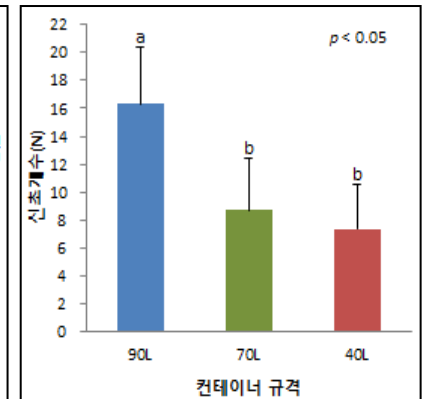
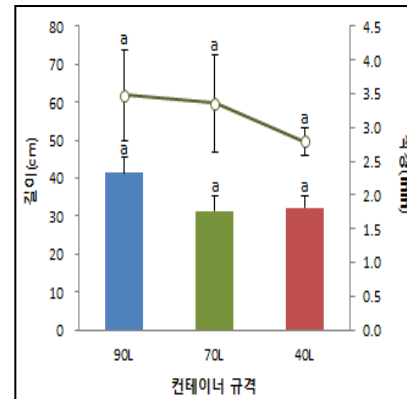
용 기	조경수 규격	미국	캐나다	일본	국내(안)	비고
플라스틱, 부직포 등	1~2	3.8	3.8	3 내외	4	
	2~3	11.4	11.4	12 내외	12	
	3~4	26.5~56.8	26.5~56.8	-	50~60	
	4~5	113.6	113.6	-	100 이상	

○ 용기발달형태(별도 시)

- 용기발달대는 용기 내에서 자란 뿌리가 공기단순이 자연스럽게 이루어 지도록 설계되어야 하며, 발진대의 바닥은 물이 고이지 않게 배수가 잘되어야 하고 공기의 유동이 자연스러워야 함.
- 플라스틱 발진대의 경우 칸살 두께를 7mm(최대 9mm)로 최소화함으로써 발진대로 인한 뿌리돌림 현상을 방지할 수 있어야 함.

<조경수 컨테이너 재배시설 지원사업 실행 지침 개정(2019)>

- 공시수종 : 왕벚나무(DBH 3cm) ※ 목표 : DBH 8~10cm
- 컨테이너 규격별(40, 70, 90L) 이식 후 수목생장 분석



※ 뿌리 구조, bending stress, 수목 생장 검증



- 공시수종 : 왕벚나무(DBH 3cm)
  - 컨테이너 70L 이식 후 가지치기 수준별 효과 분석
- ※ 수준 : 무전정, 10%(불량가지 제거), 20%(가지 40cm 존치)



&lt;무전정&gt;



&lt;10% 전정&gt;



1차 : 2019년

&lt;20% 전정&gt;

1차 : 2019년  
2차 : 2020년

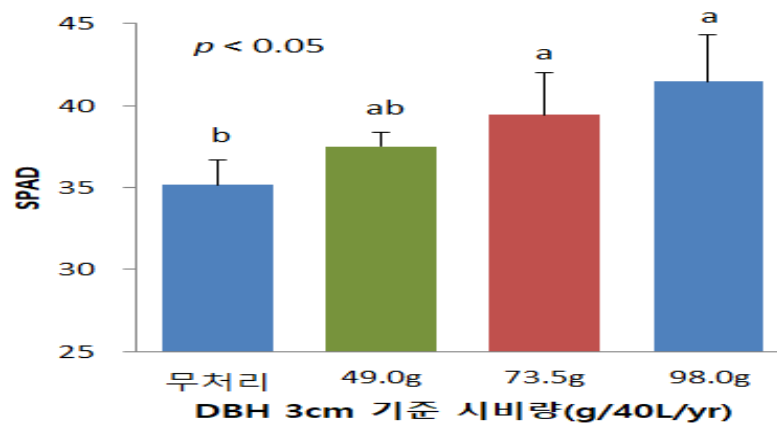
&lt;20% 전정&gt;

※ 가지치기 수준별 수형발달 특성(생장, 가지각도, 스트레스 등) 분석 중

- 공시수종 : 왕벚나무 DBH 3, 5, 7cm
- 시비처리 : 수용성비료 NPK(20-20-20) 4수준 처리

생육단계	Ct 볼륨(L)	시비처리(g/yr)			
DBH 3cm	40	0	49.0	73.5	98.0
DBH 5cm	70	0	24.5	49.0	73.5
DBH 7cm	70	0	12.3	24.5	49.0

※ USDA National Gardening Association, 종묘사업실시요령



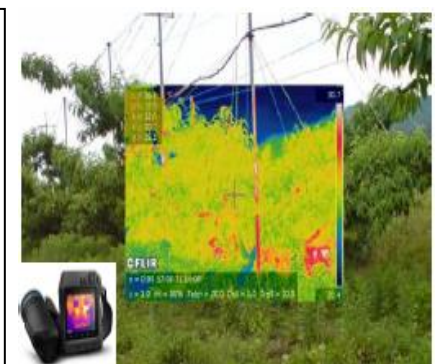
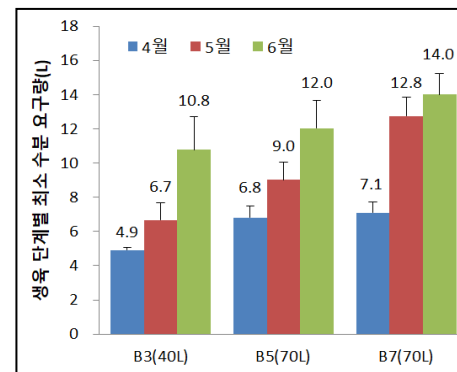
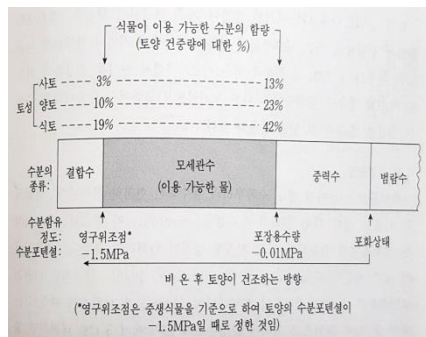
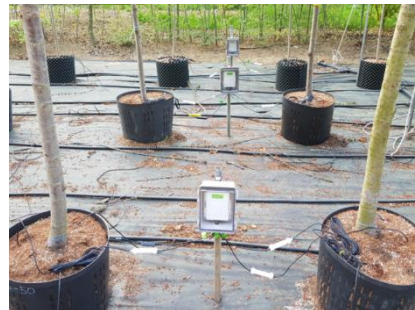
\* 수체, 토양 내 NPK 변화

\* 시기별 생리지표 변화(Fv/Fm, SPAD, 생장량) 분석



- 공시수종 : 왕벚나무 DBH 3, 5, 7cm
- 관수처리 : 시기별 관수량 3수준 처리

생육단계	Ct 볼륨(L)	관수처리(L/week), 4~6월 기준		
DBH 3cm	40	4	6	8
DBH 5cm	70	6	8	12
DBH 7cm	70	8	12	16

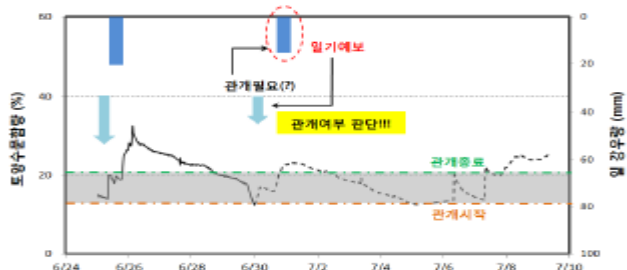


- 수분 함량 및 생장 모니터링을 통한 적정 토양 수분 함량 범위 분석



## • 스마트 관개기술 (Smart irrigation)

- 데이터기반의 ICT 융복합 자동 물관리
- 수목에 의한 물 사용은 토양, 대기 상태에 영향받음
- 다양한 토양, 기상, 수목 측정 기술을 기반으로  
필요한 시기, 필요한 양, 필요한 곳 에 정확하게  
자동으로 관수하는 것



## • 토양수분정보 기반의 스마트 관개 기술

- 수목 유효근권부 토양수분정도를 센서를 이용하여  
측정해서 수목이 생육에 가용할 수 있는 물의  
수준을 유지하는 기술



<관개시스템>



<토양수분 센싱>



<감우 센싱>



<데이터 송수신>

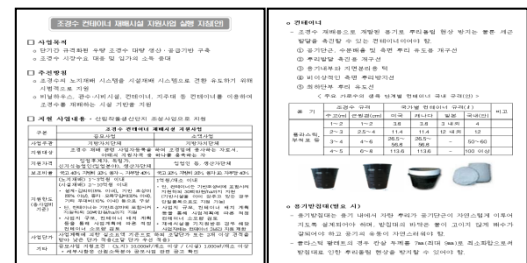


<원격 제어>

# 예상성과 및 기대효과

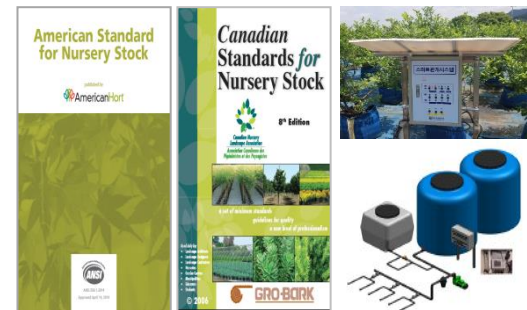
## 정책효과 산림청 정책 반영

- 조경수 컨테이너 재배 지원사업  
정책지원 근거 제공



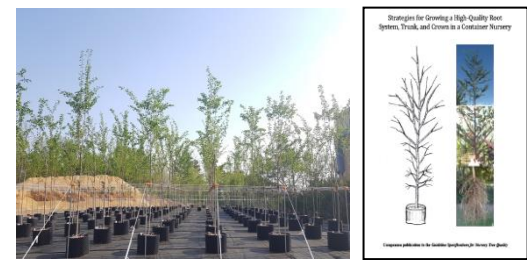
## 기술효과 컨테이너 생산체계 정립

- 중형 가로수 컨테이너 생산 기술 및  
매뉴얼 생산자 보급
- 스마트 생산 모델 보급을 통한 에너지  
절감 및 품질 강화



## 경제효과 조경시장 활성화

- 조경수 고품질화로 가격경쟁력  
확보 및 가격체계 개선



**현장중심의 실용연구  
감사합니다.**



**국립산림과학원**

National Institute of Forest Science