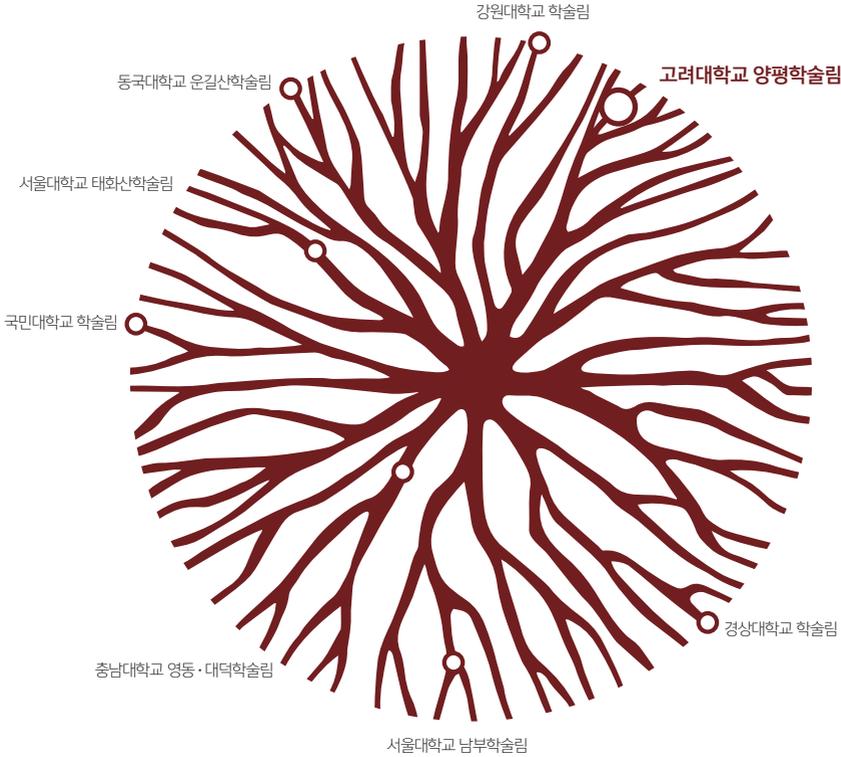


Field guide to
Silviculture &
Forest ecology

| 조림·생태 분야 |

학술림 교육실습지 안내



전국대학학술림협의회 | 고려대학교 양평학술림

고려대학교 양평학술림



고려대학교는 현재 경기도 양평군, 강원도 철원군, 충북 괴산군 등 3개 지역에 총 1,220 ha에 달하는 학술림을 확보하여 운영하고 있다. 이중 양평학술림은 경기도 양평군 양동면 고송리 일원에 위치하고 있으며 (북위 37° 30'55"~37° 28'60", 동경 127° 41'10"~127° 43'50"), 49개 필지로 총 면적은 553,514ha이다(표 1).

표 1 고려대학교 학술림 설립년도 및 개황

설립년도	위치	면적
1963년	경기 양평군 양동면 고송리 산1외 48필지	5,535,140㎡
1979년	강원도 철원군 갈말읍 문혜리 산304-9외 19필지	4,410,173㎡
1972년	충북 괴산군 장연면 추점리 43-1외 11필지	2,260,481㎡

학술림 내 수종 분포는 신갈나무와 굴참나무 등 참나무류가 48.59%를 이루고 있으며, 활엽수림으로의 천이가 상당히 진척되어 있다. 침엽수림은 대부분이 낙엽송과 잣나무로 구성되어 있으며, 이 두 수종이 약 46.07%를 차지하고 있다(그림 1, 2). 양평학술림 내 수목의 영급은 3영급이 44.31%를, 2영급이 22.74%를 이루고 있다. 양평 학술림 내 수목의 경급은 소경목이 67.05%로 가장 높은 분포를 보이며 다음은 치수 임분이 16.19%로 전체적으로 수목의 경급은 낮은 단계에 있다. 소밀도는 밀이 56.64%, 중이 18.46%를 이루고 있다. 수치산림입지도를 활용한 지위지수는 16~20인 지역이 전체면적의 17.14%로 가장 높게 나타나 양호한 생육조건을 가지고 있다.



학술림의 표고는 최저 115m에서 최고 530m로 분포되어 있으며, 평균고도는 278.35m로 나타났다. 이중 201~300m 사이의 값이 41.08%로, 고도가 500m 이상인 지역은 0.26%로 나타났다. 평균경사는 26.06°로 최고 경사는 65°이다. 이중 16°~30°인 지역이 47.63%로 가장 많고, 31°~45°가 35.8%로 다음으로 많았으며, 완경사지로 분류되는 15° 이하는 15.37%이다. 완만한 구역도 다소 있으나 비교적 급경사지의 분포가 많은 특징을 보이고 있다. 방위는 남동 방향이 15.4%로 가장 많고, 북동 방향이 9.38%로 가장 적다. 북쪽 및 북동방향이 적은 것을 제외하면 전체적으로 고른 방위 분포를 보인다.

양평학술림 내 수계는 실폭하천이 산 298번지 경계와 산 300번지, 304번지 일대에 있고, 학술림 곳곳에 세류가 있다. 모암은 94.55%가 화성암으로 이루어져 있다. 퇴적양식은 붕적토가 51.8%, 잔적토가 46.22%를 이루며 그 외 포행토가 2.6%를 구성하며 서쪽 구역에 분포하고 있다. 토심의 분포는 61~90cm가 49.83%를 이루고 있으며, 31~60cm가 48.55%를 차지하고 있다. 유효 토심은 거의 전부가 30cm 미만이다. 토성별 분포는 A층의 경우 사양토가 97.10%를 이루고 있어 거의 대부분을 차지하고 있으며, 그 외 양토와 미사질양토가 약간 분포하고 있다. B층의 경우도 사양토가 54.10%로 가장 많으며 양토의 분포도 32.53%로 높은 비율을 구성하고 있다. 건습도에 따른 분포는 A층의 경우 건조지 및 약건지가 64.34%를 이루어 건조한 지역 특성을 보였다. B층의 경우도 적윤지의 분포가 50.17%로 가장 높은 비율을 이루고 있으나 건조지의 비율이 49.94%로 높은 비율을 보인다. 견밀도의 경우 A층의 경우 견밀도 송이 84.91%로 대부분을 이루고 있다. B층의 경우는 견밀도 연이 98.13%로 대부분을 이루고 있다. 산사태 위험도는 산사태 발생가능성이 대단히 높은 1등급지가 2.43%로 주로 학술림 서북지역에 많이 분포하고 있으며, 발생가능성이 높은 지역인 2등급지도 51.78%로 전체적으로 넓게 분포하고 있다.



그림 1 양평학술림의 식생 개황(드론 촬영 2014년 10월)

고려대학교 산림자원환경학과가 학부제로 변경되면서 기존 ‘연습림 실습’ 과목을 환경생태공학부의 ‘학술림 세미나’ 과목으로 운영하였다. 해당 과목에서는 ‘환경인자에 따른 산림 내 생물량 변화 관찰’, ‘위성영상을 이용한 양평학술림의 임상분류’ 등을 주제로 하여 수업을 진행해왔다.

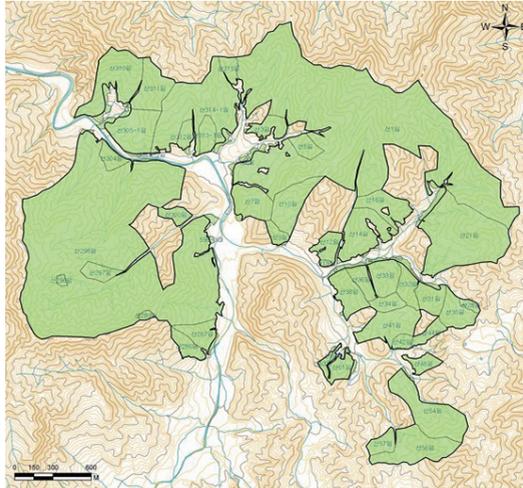


그림 2. 고려대학교 양평학술림의 임야도

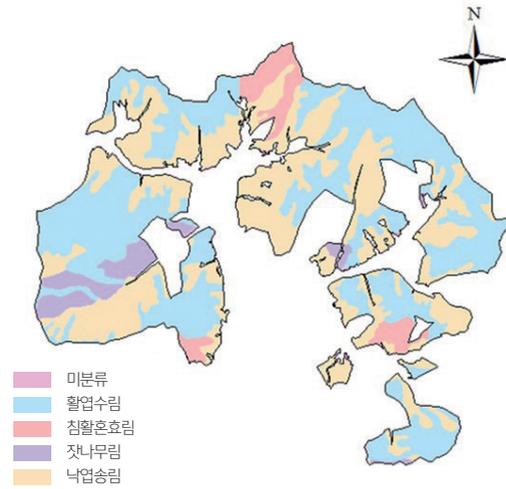


그림 2. 고려대학교 양평학술림의 수종분포도

(출처: 산림청 제5차 임상도)



1. 일본잎갈나무 간벌 연구지

● 개요

일본잎갈나무는 우리나라에 1900년대 초에 도입된 후, 빠른 초기 성장력과 척박지에 대한 적응성 및 내한성 등이 입증되어 우리나라 전역에 광범위하게 식재된 수종이다. 조림 후의 임목의 생장은 수관의 울폐에 의한 경쟁이 일어나기 전까지는 큰 변이 없이 균일하지만, 경쟁이 시작되면 직경생장이 위축되며, 생장의 변이가 커지기 시작한다. 간벌은 임목생장을 촉진시킬 수 있으며, 강도의 차이로 인한 성장량의 변화나 적정 간벌 강도에 대한 연구는 필요하다.

본 연구지는 1977년 조림지에 1997년 20m × 20m 크기의 4개 표본지를 비교 선정하여 본수기준으로 각각 무간벌, 10%, 20% 40% 강도의 간벌을 실시하였다. 간벌 강도에 따른 임분 및 미세환경 변화를 연구할 수 있는 연구지이다(그림 3, 4, 표2).

● 수종



그림 3 양평학술림 내 일본잎갈나무



그림 4 양평학술림 일본잎갈나무 간벌 연구지 위치도

표 2 간벌 강도에 따른 탄소 저장량 (Mg C ha^{-1} ; T10, T20, T40는 각각 10%, 20%, 40% 간벌 시험지를 의미함)

분류		대조구	T10	T20	T40
임목	줄기	44.3	55.6	42.3	43.5
	가지	11.2	14.0	10.5	10.8
	잎	5.9	7.0	5.1	5.2
	뿌리	19.0	23.0	16.9	17.4
임목 합		80.6	99.7	74.9	77.1
리터층		7.3	6.2	6.1	5.7
고사목		4.6	4	3.9	0.9
토양	0-10 cm	29.5	26.7	30.4	29.5
	10-20 cm	16.5	18.9	19.6	20.2
	20-30 cm	10.2	12.2	13.7	12.6
토양 합		56.2	57.8	63.7	62.3
총합		148.7	167.7	148.6	146.0

*1997년 간벌 시행 이후 2009년에 측정됨; 출처: Lee et al., 2010, Influence of Thinning on Carbon Storage in a Japanese Larch (*Larix kaempferi*) Plantation in Yangpyeong, Central Korea, Forest Science and Technology 6(1): 35-40.

2. 굴참나무 임분동태 연구지

● 개요

우리나라 온대지방에서의 일반적인 산림식생 천이과정은 산림파괴 후 선구식물이 침입하여 지상의 생육조건이 변화하게 되며, 그 결과 생장이 빠른 소나무, 자작나무 등이 등장하며, 고도의 천이상태에 이르게 되면 그늘에 강한 참나무류가 등장한다. 이 때 식생천이의 변화정도와 속도는 해당 지역의 천이 계열과 생리적, 물리적 환경요소 그리고 인간의 간섭도 중요한 요소가 된다. 본 연구지는 40~50년전에 천연활엽수림이 벌채되고 천연갱신에 의해 활엽수림이 조성된 곳이다. 이 지역 천연활엽수림의 식생구조 연구는 우리나라 온대지방의 식생천이를 이해하는데 매우 중요한 자료를 제공해 줄 것으로 기대된다. 따라서, 연구지에서 기후변화 등 환경에 따른 천연활엽수림의 식생구조 및 변화를 조사하고, 이를 바탕으로 우리나라 온대중부 천연활엽수림의 특성을 이해하며, 식생천이과정을 파악할 수 있을 것이다(그림 5, 6, 표 3).

● 수종

굴참나무가 우점하고 있으며, 신갈나무와 상수리나무를 비롯한 참나무류가 주로 나타난다.



그림 5 양평학술림 내 굴참나무



그림 6 양평학술림 굴참나무 임분동태 연구지 위치도

표 3 양평학술림 내 굴참나무림의 임분동태 (RD: relative density, RF: Relative frequency, RC: Relative coverage, IV: Importance value)

수종	RD	RF	RC	IV
<i>Quercus variabilis</i>	29.80	12.35	44.15	28.77
<i>Quercus Mongolia</i>	13.50	9.94	12.77	12.07
<i>Quercus acutissima</i>	11.30	6.04	17.20	12.51
<i>Quercus serrata</i>	9.90	6.48	8.61	8.33
<i>Quercus dentata</i>	9.30	9.64	5.85	8.26
<i>Styrax obassia</i>	4.60	7.08	0.84	4.17
<i>Prunus sargentii</i>	4.30	8.28	1.92	4.83
<i>Lindera obtusiloba</i>	3.10	5.57	0.22	2.96
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	2.30	4.37	0.55	2.41
<i>Quercus aliena</i>	2.20	3.92	1.98	2.70
<i>Symplocos chinensis</i>	2.16	3.46	0.37	2.00
<i>Rhus trichocarpa</i>	1.20	2.41	0.17	1.26

* 출처: 손요환 외 1994. 양평연습림 기초생태연구 I. 천연활엽수림의 식생구조 분석. 자연지원논집 34.



1. 위성영상을 이용한 식생분포 분석

● 개요

고려대학교 양평학술림에서는 '학술림 세미나' 과목을 통해 산림의 위성영상을 통한 식생분포 분석을 수행해 왔다. 본 학술림에서는 고해상도 위성인 IKONOS 영상(Red, Green, Blue 그리고 Near infra-red(NIR) 밴드 포함, 1m급 해상도)이 활용되어 원격탐사를 통한 식생 분석이 이루어져 왔다(그림 7).



그림 7 IKONOS 영상

위성영상 분석을 통해 수종을 구분하기 위해서는 영상분석 값이 어떤 수종을 나타내는지를 알아야 할 필요가 있다. 이를 위해 직접 연구대상지를 방문해서 각각의 수종이 대상지 내에 어떻게 분포하고 있는지를 파악하고, 감독분류 방법인 최대우도법을 사용해 연구 대상지의 산림수종 분포를 분석하였다. 산림수종분류 결과는 연구 대상지의 무작위 표준점 추출을 이용한 분류오차표를 작성하여 정확성 평가가 이루어진다.

위성영상을 전처리한 이후, 산림 수종 분류를 시행하였다. 연구대상지 내의 수종을 크게 6가지로 구분하였고, 각 수종별 면적을 구하였으며, 감독분류를 사용하였다. 본 연구에서는 감독분류를 실시한 자료에서 각 수종분류별로 3개씩 표본을 추출해 지점을 선정할 후, 각 지점의 자료를 위성영상과 비교하여 평가를 수행하였다. 현장조사를 통해 수종 분포를 파악했으며, 주요 수종은 잣나무, 리기다소나무, 참나무류, 일본잎갈나무, 밤나무였다(그림 8).

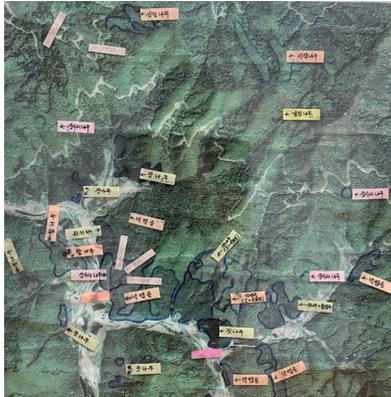


그림 8 학술림 임상 안내판 및 현장조사를 통한 임상 파악

또한, 총 6개의 Training set를 만들었으며, 각 Training set가 포함하는 pixels 값 들을 나타내었다(그림 9).

Training set	Pixels	Color
밤나무	772914	Blue
리기다 소나무	179547	Yellow
일본잎갈나무	1170792	Magenta
잣나무	796710	Black
굴참나무	2446812	Green
비 산림지역	582856	Red

그림 9 Classification of training set and pixel values

분류 결과는 현장조사로 확인한 바와 유사한 양상으로 수종이 분포하는 것을 확인할 수 있었다. 인공 조림된 일본잎갈나무는 대부분 임도 주변에 분포하고 있었으며, 참나무류가 우점하는 지역임을 알 수 있었다. 두 번째로 우점하는 종은 일본잎갈나무였으며, 인공조림의 영향이 컸던 것으로 보인다. 밤나무와 잣나무의 경우 우점하는 지역이 비슷했으며, 리기다소나무의 경우 아주 적은 구역에서만 나타났다(그림 10).

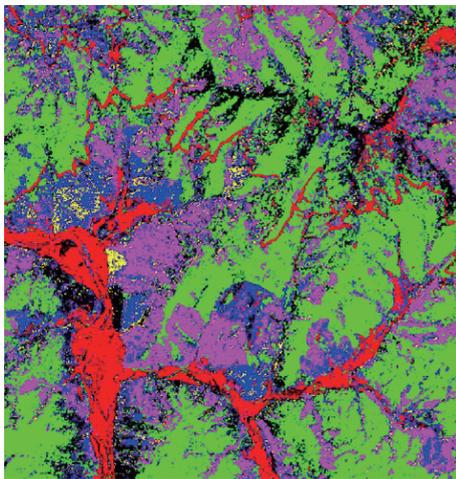


그림 10 감독분류 결과

각 Training set마다 표준점을 잡아서 분류 오차표를 작성하였다. 감독분류에 대한 정확도 평가는 Overall Classification Accuracy와 Overall Kappa Statistics 등으로 평가하였다. 이렇게 도출되는 피복지도와 면적은 산림조사를 통한 산림 탄소 저장량 추정 결과와 함께 전체 산림의 탄소 저장량 추정을 하는데 활용된다. 또한, 임상도 제작과 임분 관리에 적용된다.

2. 산림조사를 통한 산림 탄소 저장량 추정

● 개요

고려대학교 양평학술림에서는 '학술림 세미나' 과목을 통해 산림 탄소 저장량 추정을 교육하고 있다. 산림은 주요한 탄소 흡수원으로써 간벌을 비롯한 산림경영 활동은 임목의 생장에 영향을 준다. 임목의 성장 변화는 산림 내 탄소 저장량에 영향을 미치게 되며, 산림의 탄소는 크게 임목, 낙엽층, 고사목, 토양 등 4가지 구성 요소로 나뉘어 저장된다. 이러한 4개 구성요소에 대한 탄소 저장량 추정을 위해서 현장 조사를 수행하고 있으며, 각각 실습과정이 구성되어 운용된다.

● 임목

20m × 20m 크기의 조사구에 존재하는 직경이 6cm 이상인 모든 목본식물의 수종, 흉고직경, 수고를 기록한다. 흉고직경은 직경 테이프를 이용하여 0.1cm 단위까지 기록하며, 수고는 수고계를 이용하여 10cm 단위까지 기록한다(그림 11).



그림 11 흉고직경(좌) 및 수고 측정(우)

수종별 바이오매스 상대생장식, 흉고직경, 수고 등을 이용하여 조사구 내에 존재하는 모든 임목의 단일 바이오매스를 계산한다(식 1).

식 1. 단일 임목의 바이오매스(Mg)

$$a \times \text{흉고직경}^b \times \text{수고}^c$$

*a, b, c 는 수종별 바이오매스 상대생장식의 모수를 의미함.

이렇게 계산된 조사구 내 단일 임목의 바이오매스를 모두 합산하고, 이를 조사구의 면적으로 나누어 단위면적당 임목 탄소 저장량을 계산한다(식 2).

식 2. 임목 탄소 저장량(Mg C ha⁻¹)

$$\frac{\sum \text{단일 임목의 바이오매스 (Mg)}}{0.04 \text{ (ha)}} \times 50\%$$

● 낙엽층

20m × 20m 크기의 조사구 내 임의의 3개 지점에서 30cm × 30cm 정방형틀을 설치하고, 정방형틀 내에 있는 모든 낙엽과 직경이 6cm 미만인 가지를 수거한다. 수거한 시료는 종이봉투에 넣어 65°C에서 향량이 될 때까지 건조시킨 후 건조량을 측정한다. 이후 건조된 시료를 곱게 분쇄하여 탄소 및 질소 함량비 분석에 이용한다. 낙엽층 건조량에 낙엽층 탄소 함량비를 곱해주는 것으로 낙엽층 탄소 저장량을 계산한다(식 3, 그림 12).

식 3. 낙엽층 탄소 저장량(Mg C ha⁻¹)

$$\frac{\text{낙엽층건중량(Mg)}}{900(\text{cm}^2)} \times \frac{108(\text{cm}^3)}{1(\text{ha})} \times \frac{\text{탄소 함량비}}{(\%)}$$



그림 12 정방형틀을 이용한 낙엽층 시료 채취 전(좌), 후(우)

● 고사목

20m × 20m 크기의 조사구 내의 직경이 6cm 이상인 모든 고사목의 수종을 기록하고, 직경(고사목의 중간 지점), 길이를 측정한다. 고사목의 부후 상태를 대표할 수 있는 원구나 말구 부분을 약 10cm를 채취한다(그림 13).



그림 13 고사목 시료 채취

채취한 고사목 시료의 부피와 생중량을 측정한 뒤 65°C에서 항량이 될 때까지 건조시킨 후 건조량을 측정한다. 이후 건조된 시료 일부를 곱게 분쇄하여 탄소 및 질소 함량비 분석에 이용한다. 고사목의 직경과 길이를 이용하여 조사구 내에서 발견된 모든 고사목의 부피를 계산하고 이에 목재밀도를 곱하여 고사목 건조량을 계산한다(식 4).

식 4. 고사목 건조량(Mg)

$$3.14 \times (\text{직경}(\text{cm}) \times 0.5)^2 \times \text{길이}(\text{cm}) \times \text{목재밀도}(\text{g cm}^{-3})$$

계산된 고사목의 건조량을 모두 합산하고 이에 고사목의 탄소 함량비를 곱해주는 것으로 고사목 탄소 저장량을 계산한다(식 5).

식 5. 고사목 탄소저장량

$$\frac{\sum \text{고사목 건조량}(\text{Mg})}{900(\text{cm}^2)} \times \frac{10^8(\text{cm}^2)}{1(\text{ha})} \times \text{탄소 함량비}(\%)$$

● 토양

20m × 20m 크기의 조사구 내 임의의 3개 지점에서 간이토양채취기를 이용하여 0-10cm, 10-20cm, 20-30cm의 깊이별로 토양 시료를 채취한다(가능하면 낙엽층 조사를 진행한 곳 아래에서 토양 시료를 채취함). 이 때 토심이 30cm가 안되는 지점은 간이토양채취기의 사용이 가능한 깊이까지만 채취한다(그림 14).



그림 14 토양 코어를 이용한 토양 채취

채취한 토양 시료를 105°C에서 항량이 될 때까지 건조한 후 2mm체(US standard No. 10)로 거른다. 체로 걸러진 토양 시료 일부를 곱게 분쇄하여 탄소 및 질소 함량비 분석에 이용한다. 2mm 체로 걸러진 토양 시료를 이용하여 토양 깊이별로 용적밀도, 석력함량을 계산한다(식 6, 7).

식 6. 토양 용적밀도(g cm^{-3})

$$\frac{2\text{mm 이하 입자의 토양 시료 건조량(g)}}{406.944(\text{cm}^3)}$$

식 7. 토양 석력함량(%)

$$\frac{\text{2mm 이상 입자의 토양 시료 건중량(g)}}{\text{전체 토양 시료 건중량(g)}} \times 100$$

실토심, 토양 탄소 함량비, 용적밀도, 석력함량 등을 이용하여 토양 탄소 저장량을 계산한다 (식 8).

식 8. 토양 탄소 저장량(Mg C ha⁻¹)

$$\text{실토심(cm)} \times \text{토양 탄소 함량비(\%)} \times \text{용적밀도(g cm}^{-3}\text{)} \times (100 - \text{석력함량(\%)})$$

주요 연구논문

- ❖ 곽한빈, 최정선, 김학준, 정경화, 김미성, 나홍진, 김태민, 김소라, 송철철, 이우균. 2007. 지형 인자가 잣나무림 생장 및 밀도에 미치는 영향. 한국산림측정학회지 10(1):14-19.
- ❖ 김종성, 손요환, 김진수. 1995. 양평지역 리기다소나무, 낙엽송, 졸참나무의 allometry와 임관동태 연구. 한국산림과학회지 84(2):186-197.
- ❖ 손요환, 김진수, 김종성, 김용관, 조승호, 홍지영. 1994. 양평연습림 기초생태연구 I. 천연활엽수림의 식생구조 분석. 고려대학교 자연자원논집: 34(1):15-20.
- ❖ 손요환, 김현우. 1996. 리기다소나무와 낙엽송 인공조림지역 토양발생 이산화탄소에 관한 연구. 한국산림과학회지 85(3):496-505.
- ❖ 이우균, 정재서, G.S. Biging, P. Gong, 조현국. 2004. IKONOS 고해상위성영상을 이용한 임상분류 및 수치임상도 제작기법. 한국산림측정학회지 7(1):85-93.
- ❖ 이임균, 손요환. 2006. 질소와 인 시비가 경기도 양평지역 리기다소나무와 낙엽송 조림지 토양 내 질소 무기화에 미치는 영향. 한국산림과학회지 95(1):82-90.
- ❖ 정성은, 채한석, 이상순, 김종민, 임아란, 최병현, 이민아, 최현아, 송철철, 손요환, 이우균. 2007. 간벌 강도가 낙엽송림 생장 및 구조에 미치는 영향. 한국산림측정학회지 10(1):20-25.
- ❖ 함보영, 이우균, 정재서, 이준학. 2004. IKONOS 영상과 GIS 를 이용한 참나무류의 공간분포 및 출현확률추정. 한국산림측정학회지 7(1):74-84.
- ❖ Kim SR, Lee WK, Kwak DA, Biging GS, Gong P, Lee JH, Cho HK. 2011. Forest cover classification by optimal segmentation of high resolution satellite imagery. Sensors 11(2):1943-1958.
- ❖ Lee IK, Son Y. 2006. Effects of nitrogen and phosphorus fertilization on soil nitrogen mineralization of *Pinus rigida* and *Larix kaempferi* plantations in Yangpyeong area, Gyeonggi Province. Journal of Korean Society of Forest Science 95(1):82-90.

-
- ❖ Lee SK, Son Y, Lee WK, Yang AR, Noh NJ, Byun JG. 2010. Influence of thinning on carbon storage in a Japanese larch [*Larix kaempferi*] plantation in Yangpyeong, central Korea. *Forest Science and Technology* 6(1):35-40.
 - ❖ Park TJ, Lee WK, Lee JY, Hayashi M, Tang Y, Kwak DA, Kwak HB, Kim MI, Cui G, Nam KJ 2012. Maximum canopy height estimation using ICESat GLAS laser altimetry. *Korean Journal of Remote Sensing* 28(3):307-318.
 - ❖ Son Y, Kim HW. 1996. Soil respiration in *Pinus rigida* and *Larix leptolepis* plantations. *Journal of Korean Society of Forest Science* 85(3):496-505.

발행처 전국대학학술림협의회
편집인 박필선, 정중빈
저 자 고영진, 김형섭, 송철호, 손요환, 이우균



전국대학학술림협의회 | 고려대학교 양평학술림



본 안내서는 산림청·한국임업진흥원이 지원한 '학술림(시험림) 교육·연구 활성화 및 산림과학 전문인력 능력 배양' 사업에서 제작하였습니다.



9 791197 124394 3
ISBN 979-11-972439-4-3
ISBN 979-11-972439-1-2