우리나라 임목육종 연구동향: 학술지 논문 키워드 분석을 중심으로

어수형^{1*} · 이병주¹ · 강규석² · 강준원³ · 정은주⁴ · 최명석⁵

¹공주대학교 산림자원학과, ²서울대학교 산림과학부, ³경북대학교 산림과학 · 조경학부, ⁴강원대학교 산림과학부,

⁵경상대학교 환경산림과학부 및 농업생명과학연구원

Overview of Research on Forest Tree Breeding in South Korea based on the Keyword Analysis in Research Articles

Soo Hyung Eo^{1*}, Byeong-Ju Lee¹, Kyu-Suk Kang², Jun-Won Kang³, Eun Ju Cheong⁴, and Myung Suk Choi⁵

¹Department of Forest Resources, Kongju National University, Yesan, Chungnam 32439, Republic of Korea

²Department of Forest Sciences, Seoul National University, Seoul 08826, Republic of Korea

³School of Forest Sciences and Landscape Architecture, Kyungpook National University, Daegu 41566, Republic of Korea

⁴Division of Forest Science, Kangwon National University, Chuncheon, Gangwon 24341, Republic of Korea

⁵Division of Environmental Forest Science & Institute of Agriculture of Life Science, Gyeongsang National University, Jinju, Gyeongnam 52828, Republic of Korea

Abstract Studies on forest tree breeding (FTB) in South Korea started in the 1950s and have achieved remarkable outcomes through various techniques and methods such as selective breeding, cross breeding, introduction breeding, and biotechnology. Despite these outstanding achievements, no attempt has been made to objectively and quantitatively evaluate the results of domestic FTB research. Here, we quantitatively analyzed past research trends using keywords of published journal papers and compared the current domestic research level of FTB with the international level. Using various keywords in this field, we searched for research articles published in the Journal of Korean Society of Forest Science, the Korean Journal of Breeding Science, and the journals listed on the Science Citation Index from 1962 to present. The analysis of these studies showed that the research on FTB has grown quantitatively in Korea, and has been conducted on various subjects. Research topics from Korea, in terms of purpose and species, are not significantly different from those of foreign countries. The genus *Pinus* has been the major subject of FTB studies both domestically and internationally. However, in foreign FTB research, the trees used for research have diversified each year, while they were not diverse in Korea. The FTB research capacity of Korean national institutions, such as the National Institute of Forest Science, continues to dramatically increase, while the research capacity of universities is relatively low. Based on the results of this analysis, it is necessary to establish a concrete and effective policy for future research and development of FTB.

Keywords Forest genetics, Journal of Korean Society of Forest Science (JKSFS), Korean Journal of Breeding Science (KJBS), Research trend, Science Citation Index (SCI)

Received on November 14, 2019. Revised on January 31, 2020. Accepted on February 25, 2020.

* Corresponding Author (E-mail: eosh@kongju.ac.kr, Tel: +82-41-330-1301, Fax: +82-41-330-1308)

서 언

임목육종학은 관찰하고 측정할 수 있는 임목 특성의 유전 양상과 임목 집단의 유전변이를 연구하고 이러한 유전학 이론을 실제 임목 형질의 개량을 위하여 적용하는 학문이다(Namkoong et al. 1988, White et al. 2007, Wright 2012). 과거 인구가 적고 상대적으로 임목이 풍부했던 시기에는 임목에 대한 수요보다 공급이 충분하여 임목육종의 필요성이 크지 않았다. 하지만 현재는 인구 증가와 함께 임목 수요가 증가하여 임목 자원이

부족하게 되었다. 따라서 지속가능한 임목 이용과 보전을 위하여 우수한 형질을 가지는 임목이 필요하게 되었고 임목육종이 발달하게 되었다.

일제 강점기와 한국전쟁을 겪으면서 우리나라의 산림은 극도로 황폐해졌다(Bae et al. 2010, Lee 2013, Park et al. 2017). 임목육종의 개념은 산림이 가장 황폐했던 1950년대에 국내에 도입되기 시작하였다. 우리나라 임목육종의 태동과 역사 그리고 주요 연구 성과들은 Lee et al. (2012)과 NIFoS (2016)에 구체적으로 정리되어 있다. 간단히 국내 임목육종학의 역사를 요약하면

다음과 같다. 1953년에 서울대학교 농과대학의 현신규 교수는 경기도 수원 소재의 서울대 농대에 임목육종연구실을 세우고 잣나무류의 배수체 연구 및 포플러류 인공교배 연구를 실시하였으며(Koo & Yeo 2003, Yi 2004), 1956년에 우리나라 임목육종의 구체적 행정체계 시초라고 할 수 있는 임업시험장 수원육종지장이 창설되고 소나무류의 교잡육종 연구가 진행되었다. 1967년에는 산림청이 개청되면서 임업시험장이 농촌진흥청으로부터 산림청 소속으로 개편되었다. 1960년대에는 수형목 선발, 차대검정 시험, 채종원 조성 등이 본격적으로 시작되었고, 교잡시험, 배수체 육종시험, 도입육종 시험도 계속 연구되었다.

1970년대에는 천연림 집단의 유전변이 시험이 시작되었고, 솔잎혹파리와 잣나무털녹병에 대한 내병충성 연구, 채종원 개화결실 및 개화생리 연구가 착수되는 등 임목육종과 관련된 다양한 연구가 진행되었다. 임목 유전형질의 조기검정 시험이 시작된 1980년대에는 조직배양, 약배양 실험 등 생물공학을 응용한 육종 연구와 특용수 육종 연구가 시작되었다(Moon et al. 2010). 1990년대에는 활엽수를 중심으로 참나무류, 자작나무류, 물푸레나무류 등의 육종 관련 연구가 수행되었으며, 1998년에 임목육종연구소가 임업연구원 임목육종부로 통합되었다. 1990년대 이후 2010년대에 이르는 동안에는 경제림 육성과 가치 있는 미래산림자원 육성이라는 목표로 소나무류와 참나무류의 재적생장량을 증가시키는 연구가 활발히 전개되었으며, 백합나무, 루브라참나무, 스트로브잣나무 등 외래수종의 생장특성 및 지역 적응성 검정 연구 등이 실시되었다(Lyu et al. 2003, Ryu & Kim 2003, Choi et al. 2009, Cho et al. 2013, Lee et al. 2019).

우리나라 임목육종의 주요 질적 성과에 대해서는 위와 같은 내용을 중심으로 잘 정리되어 있지만, 임목육종 분야의 다양한 연구동향을 정량적으로 파악하는 데에는 아직 자료가 부족하다. 연구동향을 파악하는 것은 과거 연구 성과를 객관적으로 평가하고 현재의 수준을 가늠하여 미래의 유망 연구 분야와 수요를 예측하는 데에 도움을 주며 합리적인 정책을 제안할 수 있게 해 준다(Ko & Eo 2017, Lee et al. 2019). 특히, 연구논문에서 사용된 키워드를 분석하면 지금까지 축적된 대량의 연구 성과들을 상대적으로 적은 시간에 정해진 규칙에 의해 객관적으로 살펴볼 수 있어서 연구동향을 분석하는 데에 적합하다는 장점이 있다.

우리는 본 연구에서 학술지 키워드 분석을 통하여 우리나라의 임목육종 연구동향을 파악하였다. 국내외 주요 학술지를 검색하여 우리나라 임목육종 연구논문의 양적 수준, 임목육종 연구논문의 주요 주제와 연구 대상 수종 등을 분석하였으며, 이 결과를

국외의 연구동향과 비교 분석하여 국내 임목육종 연구의 현 수준과 문제점 등을 진단하였다.

우리나라 임목육종 연구동향

임목육종 연구동향 분석을 위한 논문 수집

우리나라 임목육종학의 연구동향을 분석하기 위해 관련 연구 논문을 수집하였다. 분석 대상은 2019년 6월까지 발행된 ‘한국산림과학회지(2018년 이전은 ‘한국임학회지’)’와 ‘한국육종학회지’, 그리고 Clarivate Analytics의 ‘과학인용색인(Science Citation Index, SCI)’급 학술지의 연구논문으로 제한하였다. 임목육종 분야의 연구논문임을 특정하기 위하여 분석용 키워드를 탐색하였다. 국립산림과학원에서 발행한 ‘임목육종 60년(NIFoS 2016)’, 유엔식량농업기구에서 발행한 ‘The State of the World’s Forest Genetic Resources (FAO 2014)’, 그리고 국제산림연구기관연합의 생리학 및 유전학 분야(Division 2: Physiology and Genetics, <https://www.iufro.org/science/divisions/division-2/>) 연구 분과 제목을 참고하여, 임목의 육종 방식, 연구 주제, 주요 수종 등 총 29개의 키워드를 선정하였다(Table 1).

선정된 키워드로 검색하여 수집한 연구논문은 한국산림과학회지와 한국육종학회지에서 총 567편, SCI급 학술지에서 총 10,611 편이었다. 육종 방식, 연구 주제, 그리고 주요 수종 29개 키워드로부터 검색된 이 연구논문들은 하나의 키워드에 의해서만 검색된 것도 있지만 2개 이상의 키워드에 의해 동시에 검색된 연구논문들도 있었다. 따라서 분석을 위해 수집한 연구논문의 실제 편수는 각 키워드에 의해 검색된 논문 편수의 단순 합계보다 적다. 한국산림과학회지와 한국육종학회지에서 수집한 논문은 제1저자가 모두 국내 저자였으며, SCI급 학술지의 논문은 제1저자가 국내 저자인 것이 118편, 국외 저자가 제1저자인 것이 10,493편이었다. 즉, 2019년 6월까지 출간된 국내 저자의 임목육종 연구논문은 총 685편이었으며 이 논문들이 아래 분석의 자료가 되었다.

임목육종 연구논문의 양적 성장

국내 임목육종 분야 연구논문의 출간은 1962년에 한국임학회지가 발행되기 시작하면서 본격화되었다. 한국임학회지와 한국육종학회지 그리고 SCI급 학술지에 발표되어 이번 조사에서 검색된 국내 임목육종 분야 연구논문은 1960년대에 17편이었으며, 1970년대 75편, 1980년대 108편, 1990년대 100편, 2000년대 136편, 2010년대 249편이었다. 1962년부터 2019년 6월까지

Table 1. Keywords in the research field of forest tree breeding and number of published research articles.

Keywords	Number of research articles	
	JKSFS ^z + KJBS ^y	SCI ^x journals
propagation	141	4,448
cross breeding	75	2,826
selective breeding	48	929
provenance test	7	75
polyploidy breeding	0	13
seed/fruit/cone	342	2,932
flowering	38	538
disease resistance	2	235
growth rate	46	234
wood properties	5	219
drought tolerance	7	77
salt tolerance	6	49
cold tolerance	14	24
pest resistance	0	21
heat tolerance	0	13
herbicide tolerance	0	3
metal tolerance	0	3
<i>Pinus</i>	18	271
<i>Eucalyptus</i>	0	243
<i>Picea</i>	0	81
<i>Populus</i>	14	75
<i>Acacia</i>	0	38
<i>Salix</i>	0	24
<i>Quercus</i>	9	21
<i>Larix</i>	2	17
<i>Betula</i>	4	14
<i>Alnus</i>	0	5
<i>Nothofagus</i>	0	4
<i>Liriodendron</i>	0	2

^zJournal of Korean Society of Forest Science; ^yKorean Journal of Breeding Science; ^xScience Citation Index.

국내 임목육종 연구논문은 연평균 0.41편씩 증가하였다(Fig. 1).

국외 연구진에 의해 발표되어 이번 조사에 검색된 임목육종 분야 연구논문은 1960년대 8편, 1970년대 77편, 1980년대 311편, 1990년대 1,638편, 2000년대 2,997편, 2010년대 5,388편이었다. 국외 임목육종 연구논문은 위 기간에 연평균 11.44편씩 증가하는 것으로 나타났다. 검색된 연구논문 수의 연도별 증가 기울기만 고려하면 국외와 비교하여 국내 임목육종 연구논문의 양적 성장 속도가 훨씬 느린 것으로 보인다. 하지만 국외는 우리

Fig. 1. Number of research articles on forest tree breeding of Korea (JKSFS + KJBS + SCI) and the World (SCI). JKSFS, Journal of Korean Society of Forest Science; KJBS, Korean Journal of Breeding Science; SCI, Science Citation Index. Note that Y-axis ranges vary between two panels for Korea and World.

나라를 제외한 전 세계 모든 국가에서 발표된 논문 수이고 국내는 우리나라 즉 한 국가에서만 발표된 논문 수라는 것을 감안하면, 국내 임목육종 연구가 과거 60년 동안 양적으로 꾸준히 성장해왔음을 알 수 있다.

SCI급 연구논문만을 고려했을 때, 2019년 6월까지 임목육종 연구논문을 가장 많이 발표한 국가는 전체 1,945편을 발표한 미국이었으며 브라질, 캐나다, 중국, 프랑스가 다음 순위를 차지하였다(Fig. 2). 위에 열거한 5개국의 논문 수는 5,351편으로 세계에서 발표된 전체 논문 수 10,611편의 약 50%를 차지하였다. 한국은 이 기간에 118편을 발표하여 세계 순위 25위였으며, 아시아에서는 중국, 인도, 일본에 이어 4위였다.

임목육종 연구논문의 주요 주제

유용형질을 지닌 임목 개체나 계통을 얻기 위한 임목육종은 목적과 환경 요건에 따라 다를 수 있겠지만 대개 선발육종, 교잡육종, 도입육종, 그리고 배양이나 분자생물 기법을 이용한 생명공학적인 육종 방법 등을 이용하고 있다. 국내에서는 리기테다소나

Fig. 2. Leading countries in forest tree breeding research based on publications since 1960s.

무와 현사시나무를 육종하고 개량하는 등 교잡육종 분야에서 세계가 인정하는 괄목할 만한 성과를 이루어 왔으며, 소나무와 잣나무 등 우리나라 향토 수종의 수형목 선발을 통해서도 육종 성과를 올려왔다(NIFoS 2016).

한국산림과학회지와 한국육종학회지에서 ‘교잡육종’으로 검색된 임목 대상 연구논문은 75편이었으며, ‘선발육종’ 논문은 48편이었다. 국외 SCI급 연구논문을 대상으로 검색한 결과, ‘교잡육종’ 2,826편이었고 ‘선발육종’ 929편이었다. 국내의 임목육종 연구에서 국외와 마찬가지로 선발육종보다 교잡육종 연구가 더 활발하였음을 보여주었다.

임목육종학 분야의 세부 연구 주제를 분석하기 위하여, ‘종자/과실/구과’, ‘개화’, ‘생장률’, ‘목재 특성’, ‘내병성’, ‘내건성’, ‘내염성’, ‘내한성’, ‘내열성’, ‘병해충 저항성’, ‘제조제 저항성’, ‘금속 저항성’ 등 12개의 키워드를 선정하였다. 이 중, ‘종자/과실/구과’로 검색된 논문이 가장 많았는데, 한국산림과학회지와 한국육종학회지에서는 342편의 논문이 검색되어 전체 74%였으며, 국외 SCI급 연구논문은 2,932편으로 전체의 68%를 차지하였다. 그 다음 순위로 많이 검색된 주제를 살펴보면 국내 학술지에서는 ‘생장률’, ‘개화’, ‘내한성’ 등이었으며, 국외 학술지에서는 ‘개화’, ‘내병성’, ‘생장률’의 순이었다.

임목육종 분야의 대표적 연구 주제별 국내외 연구 동향은 Fig. 3에 요약되어 있다. 가장 많이 검색된 주제인 ‘종자/과실/구과’의 경우, 국내 연구진에 의해 발표된 논문은 1960년대에 9편,

1970년대 45편, 1980년대 51편, 1990년대 49편, 2000년대 54편, 2010년대 174편이었다. 이 기간 발표되어 검색된 논문은 연평균 0.26편씩 증가하였으며, 2000년 이후 급격히 증가했음을 보여준다. 국외 연구진에 의해 발표된 같은 주제의 연구 논문은 1960년대에 0편, 1970년대 5편, 1980년대 8편, 1990년대 388편, 2000년대 820편, 2010년대 1,677편이 검색되었고, 이는 연평균 3.34편씩 더 많은 논문이 발표되었음을 의미한다. ‘개화’ 분야도 국내의 모두 시간이 경과함에 따라 꾸준히 증가한 임목육종 연구 주제였다. 국내에서는 1960년대부터 지금까지 총 38편의 연구논문이 발표된 것으로 검색되어 연평균 0.03편씩 증가하였으며, 국외에서는 같은 기간 총 538편이 검색되어 연평균 0.6편씩 증가하였다.

국내에서 두 번째, 그리고 국외에서 네 번째로 많은 비율을 차지한 ‘생장률’ 관련 연구는 국내에서 총 46편의 논문이 검색되었으며 국외에서는 234편의 논문이 검색되었다. 이 주제의 연구는 국외에서 1960년대 이래 지금까지 연평균 0.25편씩 논문 발표가 증가하는 것으로 보이는 반면, 국내에 발표된 논문 수는 증감의 경향이 없이 정체되어 있는 것으로 보인다. ‘내한성’으로 검색된 논문 수는 국외에서 24편, 국내에서 14편이었다. 비록 논문 수는 많지 않지만 국외에서는 연평균 0.03편씩 증가하는 것으로 보이는 반면 국내에서는 오히려 연평균 0.01편씩 감소하

Fig. 3. Number of articles on each research topic of forest tree breeding of Korea and the World. Note that Y-axis ranges vary between two panels for Korea and World.

는 것으로 나타나서 국내외의 연구 동향이 대조적인 것으로 나타났다.

위 연구결과를 종합하면, ‘종자/과실/구과’, ‘개화’, ‘생장률’ 등이 국내외에서 가장 많이 연구되고 있다는 점에서 국내외 임목육종 연구 주제가 크게 다르지 않음을 보여준다. 또한 선정된 키워드의 주제가 시간이 경과함에 따라 양적으로 계속 성장하고 있는 연구 분야라는 점에서 국내의 임목육종 연구의 주제 선정에 대한 동향은 세계적인 추세와 어깨를 나란히 한다고 볼 수 있을 것이다. 하지만, ‘생장률’과 ‘내한성’ 같은 연구 주제는 국내의 연구 논문 수가 증가하지 않고 정체하거나 오히려 감소하는 패턴을 보였다. 굳이 국내에서 필요 없기 때문에 이러한 연구를 진행하지 않는 것인지 아니면 필요함에도 불구하고 연구 환경 또는 여건이 적합하지 못하여 진행하지 못하는 것인지 그 이유를 면밀히 검토하여 미래의 임목육종 연구 및 정책에 참고하여야 할 것이다.

임목육종 연구논문의 주요 수종

우리나라는 난대, 온대, 한대에 걸쳐 다양한 기후대가 존재하기 때문에 각 환경에 적합한 식생대가 형성되어 있다(Son et al. 2016). 하지만 국내외를 막론하고 산림 식물, 특히 임목의 효용가치는 전통적으로 목재 생산에 주로 집중되었기 때문에 임목육종의 대상이 되는 수종은 다양하지 못한 것으로 보인다. 임목육종의 연구 대상이 되는 수종을 분석하기 위하여 ‘소나무(*Pinus*) 속’, ‘가문비나무(*Picea*) 속’, ‘잎갈나무(*Larix*) 속’, ‘자작나무(*Betula*) 속’, ‘참

나무(*Quercus*) 속’, ‘버드나무(*Salix*) 속’, ‘오리나무(*Alnus*) 속’, ‘사시나무(*Populus*) 속’, ‘*Acacia* 속’, ‘*Eucalyptus* 속’, ‘*Lirodendron* 속’, ‘*Nothofagus* 속’ 등 12개의 수목 속(genus) 키워드를 선정하였다. 이 속들은 앞서 설명한 기준에 의해 분석 대상으로 선정되었기 때문에 반드시 국내에 자생하는 수목들만 선택된 것이 아니다. 또한, 우리나라에서 중요한 전나무(*Abies*) 속, 물푸레나무(*Fraxinus*) 속, 느티나무(*Zelkova*) 속, 밤나무(*Castanea*) 속 등이 분석 대상에서 제외되었다는 점은 본 연구가 가지는 한계점 중 하나이다.

가장 많이 검색된 것은 ‘소나무 속’ 연구논문이었다(Fig. 4). 국내에서는 총 18편의 소나무 속 육종 관련 연구논문이 검색되어 전체 논문 수의 38%를 차지하였으며, 국외에서도 총 271편의 논문이 검색되어 34%를 차지하였다. 국내의 연구논문에서 소나무 속보다 더 많이 검색된 속은 없었다. 그 다음으로 많이 검색된 수목은 국내에서 ‘사시나무 속’, ‘참나무 속’, ‘자작나무 속’, ‘잎갈나무 속’의 순이었다. 국외에서는 ‘*Eucalyptus* 속’, ‘가문비나무 속’, ‘사시나무 속’, ‘*Acacia* 속’의 순으로 육종 연구논문이 많이 검색되었다.

전체 12개 속명으로 검색된 임목육종 대상 수종의 연구논문 수는 국내외 모두 매년 증가 추세에 있다(Fig. 5). 한국산림과학회지와 한국육종학회지에서 검색된 대상 수종의 논문은 총 47편이었으며 연평균 0.03편씩 증가하는 것으로 나타났다. 국외 논문은 총 787편이 검색되었으며 연평균 1.12편씩 증가하는 것으로 나타났다.

Fig. 4. Proportion of tree genera found in research articles on forest tree breeding of Korea and the World since 1960s.

Fig. 5. Number of research articles on forest tree breeding for major tree genera of Korea and the World. Note that Y-axis ranges vary between two panels for Korea and World.

Fig. 6. Number of genera found in research articles on forest tree breeding of Korea and the World. Note that Y-axis ranges vary between two panels for Korea and World.

육종 대상 수종의 다양화 경향을 살펴본 결과(Fig. 6), 국내에서는 대부분 매년 한 두 속 만을 연구한 것으로 나타났으며 시간이 지남에 따라 연구 수종 속이 증가하거나 감소하는 경향을 찾아볼 수 없었다. 반면, 국외에서는 과거부터 현재까지 연평균 0.20개씩 연구 대상 속이 증가하는 경향을 보였다. 이 결과는 대부분의 국내 임목육종 연구가 특종 수목 속으로 한정되거나 한해에 연구하는 대상 수목이 다양하지 않았지만, 국외의 경우는

매년 연구 대상 속이 다양해져 왔음을 시사한다. 따라서 국내에서도 기후변화 및 국제적 환경 변화에 맞추어 육종 대상 수종의 다변화가 필요할 것으로 판단된다.

임목육종 연구논문의 주저자 및 소속 연구기관

한국산림과학회지와 한국육종학회지에서 검색된 임목육종 연구논문의 주저자와 그 소속기관을 분석하였다, 현재까지 가장

많은 연구논문을 발표한 주저자들의 소속기관은 ‘국립산림과학원’으로 총 114편의 논문을 발표한 것으로 검색되었다. 두 번째는 ‘서울대학교’로 전체 61편이었고, 세 번째는 ‘임목육종연구소’로 53편의 논문을 발표한 것으로 검색되었다. 그 다음 순위는 ‘경북대학교’, ‘강원대학교’, ‘경상대학교’, ‘임업연구원’ 등의 순이었다.

임목육종연구소는 1998년에 임업연구원으로 통합(1998년 당시 임업연구원 임목육종부, 현재 국립산림과학원 산림생명자원 연구부)된 기관이며, 임업연구원은 2004년에 국립산림과학원으로 개칭하였다. 결국, 가장 많은 논문을 발표한 ‘국립산림과학원’과 세 번째로 논문을 많이 발표한 ‘임목육종연구소’, 그리고 일곱 번째로 많이 발표한 ‘임업연구원’은 모두 같은 기관이라고 볼 수 있으며, 이 단일 국가 연구기관이 전체 186편의 논문을 발표한 것으로 검색되었다. 임목육종 연구논문 수 기준 상위 10위권 내의 다른 연구 기관은 모두 대학교였으며, 이들 대학교에서 발표한 모든 연구논문의 수는 187편으로 검색되어 통합 ‘국립산림과학원’이 발표한 논문 수와 거의 비슷하였다.

임목육종 연구논문을 발표한 주저자들의 소속기관을 대학교와 비대학교로 나누어 이들의 연구논문 수에 대한 연도별 증감을 분석하였다(Fig. 7). 결과를 살펴보면, 1990년대 중반까지는 대학교에서 발표한 임목육종 연구논문 수가 대학교가 아닌 기관에서 발표한 논문 수보다 많은 것으로 검색되었다. 그 후 2000년까지 대학교와 비대학교 연구기관에서 비슷한 수의 논문을 발표하였으며 2000년 이후에는 비대학교 연구기관이 월등히 많은 논문

을 발표한 것으로 검색되었다.

대학교와 비대학교 연구기관의 논문 발표 수가 역전된 현상은 여러 요인으로 설명할 수 있을 것이다. 첫 번째는 2000년 이후 연구논문을 많이 발표한 것에서 알 수 있듯이 비대학교 연구기관의 연구역량이 커졌다는 점이다. 비대학교 연구기관은 주로 국립산림과학원 등 국가 연구기관으로, 우수 연구인력의 증가와 국가 연구비 지원 및 연구 기자재 사용 측면에서 대학교보다 상대적으로 더 좋은 환경이 조성된 것으로 보이며 이러한 연구 여건 개선이 연구역량을 더 향상시켰음을 예상할 수 있다. 또한, 2000년대에 진입하면서 각 국가기관의 성과를 평가하는 데에 논문 수가 중요한 요인 중의 하나였기 때문에 비대학교 국가 연구기관의 논문 수가 급격히 늘어났을 수도 있다.

두 번째는 대학교의 연구역량 저하 현상에서 그 이유를 찾을 수 있다. 2000년대 이래 많은 대학교, 특히 사립 대학교에서 산림 관련 전공이 사라지거나 다른 전공과 통합되는 등 전국적으로 산림 전공의 규모가 축소되었다. 또한 임목육종학 전공 교원들이 많이 퇴직하였으며 상대적으로 적은 수의 임목육종 전공 신입 교원이 채용되었다. 그 결과 현재 각 대학교에서 임목육종 관련 교과목의 개설에 어려움이 있고 개설되었다고 하더라도 전임 교원에 의한 강의는 매우 부족한 상황이며, 많은 대학교에서 임목육종학이 전공필수과목에서 배제되는 상황이 전개되기도 하였다.

이러한 상황은 임목육종 분야의 교육에 부정적인 영향을 줄 뿐 만이 아니라 대학교에서의 연구역량 부족으로 나타나고 있다.

Fig. 7. Number of research articles on forest tree breeding published in JKFS and KJBS authored by universities and non-university research institutes in Korea. JKFS, Journal of Korean Society of Forest Science; KJBS, Korean Journal of Breeding Science.

이러한 연구역량 저하는 임목육종 전공 대학원생의 진학을 감소로 시작하여 연구논문의 양적 감소 및 질적 저하로 이어져 온 것으로 판단된다. 무엇보다도 임목육종 연구자 양성을 위한 연구 프로젝트 지원 및 운영, 임목육종 관련 학회 지원 및 활성화 정책 수립과 같은 대학교 연구인력 양성을 위한 전략이 필요하며, 산학연관(産學研官) 간의 전문가 자문기구 등을 실질적으로 운영하여 미래를 준비할 대학교의 임목육종 연구 역량을 키우는 미래 실천전략을 세워야 할 것이다.

결론

학술지 논문 키워드 검색을 통하여 우리나라 임목육종 연구동향을 파악한 결과, 관련 연구논문 수는 비록 국외의 연구논문 수 증가율에 미치지 못하지만 1960년대 이래 꾸준히 증가하여 임목육종 분야의 양적 성장을 이어가고 있는 것으로 보인다. 현재까지의 우리나라 임목육종 SCI급 연구논문 수는 세계에서 25번째, 아시아에서는 4번째로 많이 발표한 것으로 검색되었다. 국내 임목육종 연구논문은 종자/과실/구과, 생장률, 개화 등의 주제를 많이 다루고 있으며, 이는 국외의 연구주제와 비슷한 경향을 보이고 있다. 대부분의 임목육종 연구 주제의 논문 수가 매년 증가하고 있었지만, 생장률 또는 내한성 관련 연구는 국외의 경향과는 달리 발표되는 연구논문 수가 정체되거나 감소하는 것으로 나타났다. 가장 많이 연구되고 있는 육종연구 대상 수종은 국내외 모두 소나무 속이었으나, 국외는 육종연구 대상 수종이 점점 다양해지는 반면 국내는 상대적으로 그렇지 않은 것으로 나타났다. 임목육종 연구의 주제 및 대상 수종 모두 국내외 환경 변화에 맞추어 다변화가 요구된다. 국내 임목육종 연구기관은 주로 대학교와 국가 연구기관이었었는데, 최근에는 국가기관의 연구역량이 높아지는 반면 대학교의 연구역량은 감소하는 것을 보여준다. 미래의 임목육종 전문가 양성과 연구력 향상을 위한 장기적 비전과 목표 그리고 실천전략을 세워야 할 것이다.

적요

우리나라는 1950년대에 본격적으로 임목육종 연구가 시작된 이래, 선발육종, 교잡육종, 도입육종 등의 다양한 육종 기술과 방법을 통하여 괄목할 만한 임목육종 성과를 올리고 있다. 하지만 이러한 전문적 성과에도 불구하고 국내 임목육종 연구의 성과를 객관적이고 양적으로 평가하려는 시도는 찾아보기 어려웠다. 본 연구에서는 국내 임목육종 연구동향을 학술지 연구논문의

키워드를 이용하여 과거의 연구동향을 양적으로 분석하였고 현재 국내의 임목육종 연구 수준을 국외 수준과 비교하였다. 임목육종 분야의 다양한 키워드를 이용하여 1962년부터 현재까지 한국산림과학회지와 한국육종학회지, 그리고 국외의 SCI급 학술지 논문을 검색하였고 이를 바탕으로 분석한 결과, 국내 임목육종 연구논문은 매년 양적으로 성장하였으며, 다양한 주제로 연구가 진행되고 있는 것으로 나타났다. 일부를 제외하면 국외에서 중요하게 다루고 있는 대부분의 연구 주제를 국내에서도 활발히 연구하고 있는 것으로 분석되었다. 국내의 모두 소나무 속이 주요 육종 연구 대상이었다. 하지만 국외는 육종 연구 대상 속이 매년 다양해진 반면 국내에서는 다양성 증가를 찾아볼 수 없었다. 국내 국가기관의 임목육종 연구역량은 계속 증가하고 있지만 대학교의 연구역량은 상대적으로 저조한 것으로 나타나 대책을 마련해야 하는 것으로 분석되었다. 이러한 연구동향 분석 결과를 바탕으로 미래의 임목육종 발전을 위한 구체적이고 효과적인 정책 수립이 필요할 것으로 판단된다.

사사

본 연구는 산림청 임업연구개발 사업(과제번호, FTIS 201410 9B0-1820-AA01)의 지원에 의하여 진행되었습니다.

REFERENCES

1. Bae JS, Joo RW, Lee KB. 2010. Causes of Forest Degradation and Drivers of Forest Recovery in South Korea. Korea Forest Research Institute, Seoul, South Korea.
2. Cho DH, Ryu KO, Kim IS, Lee JH, Park JI. 2013. Comparison of growth performance and stem straightness among 23 provenances of *Quercus rubra* Linne. Korean J Breed Sci 45: 369-376.
3. Choi H, Ryu KO, Hyun JO. 2009. Growth characteristics of Eastern White Pine (*Pinus strobus* L.) with six provenances in a Hwasong plantation. Korean J Breed Sci 41: 271-278.
4. FAO. 2014. The State of the World's Forest Genetic Resources. FAO, Rome, Italy.
5. Ko BJ, Eo SH. 2017. Mammalian research topics and trends in Korea. Korean Journal of Environment and Ecology 31: 30-41.
6. Koo YB, Yeo JK. 2003. The status and prospect of poplar research in Korea. Journal of Korea Forestry Energy 22: 1-17.

7. Lee BJ, Kim BJ, Lee JM, Eo SH. 2019. The trends of Artiodactyla researches in Korea, China and Japan using text-mining and co-occurrence analysis of words. *Korean Journal of Environment and Ecology* 33: 9-15.
8. Lee H, Lim H, Kang JW. 2019. Growth performance of exotic trees in Korea. *Journal of Forest and Environmental Science* 35: 115-120.
9. Lee KJ. 2013. Successful Reforestation in South Korea: Strong Leadership of ex-President Park Chung-Hee. Create Space, Charleston, United States.
10. Lee KJ, Yoon YC, Chung CH, Koo YB. 2012. Writings in Memory of Professor Hyun Sin Kyu's 100th Birthday. Seoul National University Press, Seoul, South Korea.
11. Lyu GO, Jang SS, Choe WY, Kim HE. 2003. Growth performance and adaptation of *Liriodendron tulipifera* in Korea. *Journal of Korean Society of Forest Science* 92: 515-525.
12. Moon HK, Kim YW, Park SY, Han MS, Yi JS. 2010. A review of forest trees micropropagation and its current status in Korea. *Journal of Plant Biotechnology* 37: 343-356.
13. Namkoong G, Kang HC, Brouard JS. 1988. Tree Breeding: Principles and Strategies. Springer-Verlag, New York, United States.
14. NIFoS. 2016. Forest Tree Breeding and Improvement 60 Years: 1956-2016. National Institute of Forest Science, Seoul, South Korea.
15. Park H, Lee JY, Song M. 2017. Scientific activities responsible for successful forest greening in Korea. *Forest Science and Technology* 13: 1-8.
16. Ryu KO, Kim HE. 2003. Development of techniques and handling for seedling production of Yellow-Poplar (*Liriodendron tulipifera*). *Journal of Korean Society of Forest Science* 92: 236-245.
17. Son Y, Koo C, Kim C, Park P, Yoon C, Lee K. 2016. Forest Ecology. Hyangmunsa, Seoul, South Korea.
18. White TL, Adams WT, Neale DB. 2007. Forest Genetics. CABI International, Wallingford, United Kingdom.
19. Wright JW. 2012. Introduction to Forest Genetics. Academic Press, Cambridge, United States.
20. Yi MK. 2004. Hyun Sin Kyu and forest tree breeding in Korea. *The Korean History of Science Society* 26: 165-196.