루브라참나무 23개 산지간 생장특성 및 수간 통직성 비교

조도현^{1,2} · 유근옥¹ · 김인식^{1*} · 이주환¹ · 박재인²

¹국립산림과학원 산림유전자원부 임목육종과, ²충북대학교 산림학과

Comparison of Growth Performance and Stem Straightness among 23 Provenances of *Quercus rubra* Linne

Do Hyun Cho^{1,2}, Keun Ok Ryu¹, In Sik Kim^{1*}, Ju Hwan Lee¹, and Jae In Park²

¹Korea Forest Research Institute, Suwon 441-847, Korea

²Department of Forest Science, Chungbuk National University, Cheongju, 361-763, Korea

Abstract : In order to select suitable *Quercus* tree, *Quercus rubra* L. was introduced from the native habitats in 1972 to conduct the adaptability test and showed an excellent result in growth performance and wood quality with outstanding adaptability, then the additional 23 provenances were introduced from Canada and USA in 1991 to conduct the provenance test in small scale with 75 trees per provenance. The growth performance of 23 provenances were measured at age 4, 8, 10, 12 and 18 years, respectively. The result was that those *Quercus rubra* L. from New York State and Vermont State were excellent in height-growth, while those from Minnesota State and Virginia State showed poor growth performance. Similar results like in height-growth came out in diameter growth as well; especially those from Minnesota State and Virginia State showed poor growth performance not only in height and but also in diameter, while those from Illinois State and Vermont State showed excellent growth performance in diameter holding a high rank in height-growth. In the investigation of stem straightness according to the characteristic shape of tree trunk, the best provenance was the Beloeill provenance of Quebec Province in Canada, while the worst one was the Sauk Country provenance of Wisconsin State. Especially, the best Beloeill provenance of Quebec Province showed about 3.5 times superior features to our local species of *Quercus acutissima*, control. The Beloeill provenance is excellent in stem straightness and growth performance comparing to other provenances, which is considered as well adaptive to our climate and environment here in Korea. In addition, the investigation of growth performance and stem straightness showed that the excellent candidates were those *Quercus rubra* L. from New York State in USA and Quebec Province in Canada, located between 43 and 46 degrees northern latitude. Therefore, *Quercus rubra* L. is excellent in growth performance comparing to the local species of *Quercus acutissima*, and has a better adaptability than *Quercus robur* or *Quercus alba*, which is expected as the potential species to become our provenance resources and considered to be useful resources adaptable to those areas in South Korea.

Keywords : Provenances, Wood, Growth, *Quercus rubra* L., *Quercus acutissima*

서 언

전 세계적으로 참나무류(*Quercus* spp.) 교목은 380여종이 있으며, 재질이 우수하여 특수목재로 이용되고 있는 수종은 *Q. robur*, *Q. rubra*, *Q. alba*, *Q. palustris*의 4 수종이 있다. 우리나라에서 주로 무늬목, 가구재, 내장재, 주방, 마루판재

등으로 사용되는 참나무류 목재는 북미에서 수입되는 루브라 참나무와 알바참나무이며, 국내 자생 참나무류 6종은 주로 저가의 표고자목 및 숲으로 이용된다(Ryu et al. 2004a, 2004b)

루브라참나무(*Quercus rubra* L.)는 캐나다 퀘벡주와 온타리오주에서 미국 동부 지역의 애플레치안산맥을 중심으로 해발 1,700 m까지 자생하는 낙엽활엽교목으로 수고 20~30 m, 직경 60~90 cm로 수간이 통직하고, 생장이 신속하다. 특히 내한성이 강해 영하 40°에서도 생존하는 우수한 수종(Sander, 1990)으로 알려져 있으며, 국내 기후 및 지형에 잘 적응하는 수종이다. 참나무류는 형태적 특징에 따라 크게 3종류로 분류

*Corresponding author (E-mail: kimis02@forest.go.kr, Tel: +82-31-290-1127, Fax: +82-31-290-4458)

(Received on September 11, 2013. Revised on December 17, 2013.
Accepted on December 20, 2013.)

하며, White oaks, Chestnut oaks, Red oaks로 나뉜다. White oaks계통은 거치가 둥글고, 침두가 없으며, 비교적 단맛이 나고 매년 결실하는 종으로 *Q. alba*, *Q. douglasii*, *Q. macrocarpa* 등이 있으며, Chestnut oaks 계통은 잎이 밤나무와 비슷하며, *Q. bicolor*, *Q. prinus*, *Q. montana* 등으로 분류한다. Red oaks는 거치가 날카로우며 침두가 뾰족한 격년 결실하는 종으로 *Q. rubra*, *Q. palustris*, *Q. phellos* 등이 있으며, 루브라 참나무는 여기에 속한다.(Olson, 1974)

루브라참나무의 산지시험 연구는 Kriebel et al. (1976)에 의해 최초로 수행되었는데, 13개 종자산지를 수집하여 오하이오주 등 6개 지역에서 식재하여 14년생의 지리적 변이를 조사한 결과, 산지간 개시시기는 북서쪽 산지가 가장 빨랐다. 단풍 시기는 북쪽 산지가 가장 빨랐고 동쪽, 남쪽 순으로 조사되었다. 여름철 고온에서는 서쪽산지들이 내건성에 강한 산지로 보고되었으며, 산지간 수고생장은 뚜렷한 변이가 없었다. 다만, 북부산지들이 남쪽 식재지에서 생장이 불량하였다. McGee & Loftis (1986)는 노스캐롤라이나에서 루브라참나무의 생장 특성을 조사한 결과, 포지 생장이 우수한 산지가 식재 후 조림지에서 좋은 결과를 보였다. 유전적 특성은 4년 생부터 발현되는 것으로 보고하였고, Kriebel 등(1988)은 산지 및 가계간 생장 비교 연구 결과, 산지간에는 16%, 가계간에는 7%의 생장차이를 보인다고 하였다.

Edward 등(2009)은 루브라참나무 인공조림에 사용되는 묘목생산 방법을 구명하기 위하여 일반묘목과 용기양묘를 생산하여 시험한 결과, 용기묘가 일반묘목보다 조림활착률이 우수하다고 보고하였다. 그리고 Miranda (2009)는 천연분포지역의 천이과정을 조사한 결과, 극성상의 최종 수종은 단풍나무류와 참나무류라고 보고하였다.

국내에서는 1926년 최초로 조선총독부 임업시험장에서 미국과 프랑스에서 루브라참나무의 종자를 소량 도입하여 외국 참나무류 적응성 검정 시험을 한 기록은 있으나, 한국전쟁으로 자료가 소실되어 1972년 미국, 프랑스, 독일에서 들여온 종자로 적응성 시험을 다시 실시 하였고, 그 결과 북아메리카 산인 루브라참나무가 생장 및 활착이 우수하여(Han et al. 1986), 1991년 북아메리카 미국과 캐나다의 23개 산지를 도입하여 산지시험 중이다.

루브라참나무 목재는 내구력 및 탄력이 우수하여 무늬목, 가구재, 마루판재 등의 특수목재로 사용되는 고부가가치의 수종으로 우리나라 국민들의 실생활에 자주 접하는 수종이며, 가장 애호하는 목재수종이다. 따라서 본 연구에서는 루브라참

나무 우수산지를 구명하여 확대보급에 필요한 정보를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

공시재료인 루브라참나무는 1991년 미국과 캐나다에서 23개 산지를 도입하여, 1992년 국립산림과학원 포지에서 육묘되었다. 1993년 4월 경기도 화성시 여천시험림에 1-0묘를 1.8 × 1.8 m 간격으로 산지 당 25본씩 3반복 난괴법(Randomized complete block design)으로 조성하여 시험림을 조성하였다 (Table 1). 시험지는 약 1.3 ha로 산지간 적응성 검정을 위하여 비교 수종으로 상수리나무를 식재하였고, 생장특성 조사를 4, 8, 10, 12, 18년차에 조사하였다. 조사 방법은 4, 8, 10년생

Table 1. Geographic data on provenances of *Quercus rubra* used in this study.

	Provenances		Latitude (N)	Longitude (W)
1	Minnesota, U.S.A.	St.Paul (1)	44°57'	92°32'
2	Minnesota, U.S.A.	St.Paul (2)	44°58'	92°32'
3	Minnesota, U.S.A.	Houston County	43°40'	91°15'
4	Wisconsin, U.S.A.	Sauk County	43°02'	89°43'
5	Wisconsin, U.S.A.	Chippewa County	45°28'	91°17'
6	Illinois, U.S.A.	Urbana	40°00'	93°32'
7	New York, U.S.A.	Dunham Island	43°13'	76°02'
8	New York, U.S.A.	Selkirk Shore (1)	43°34'	76°13'
9	New York, U.S.A.	Selkirk Shore (2)	43°34'	76°43'
10	Ontario, Canada	Simcoe Dist. (1)	42°50'	80°08'
11	Ontario, Canada	Simcoe Dist. (2)	42°49'	79°53'
12	Qubec, Canada	Sillery	46°13'	71°16'
13	Qubec, Canada	Arthabaska	46°02'	71°55'
14	Qubec, Canada	Beloeil	45°34'	73°12'
15	Pennsylvania, U.S.A	Centralia (1)	41°00'	77°08'
16	Pennsylvania, U.S.A	Centralia (2)	41°00'	77°38'
17	Wisconsin, U.S.A	Eagle River	42°52'	89°07'
18	Vermont, U.S.A	Middlebury	43°48'	73°04'
19	Vermont, U.S.A	Cole Brook	43°04'	73°06'
20	West Virginia, U.S.A	Fernow	39°04'	79°41'
21	Virginia, U.S.A	DeerField	38°13'	79°25'
22	Arkansas, U.S.A	Womble	34°33'	93°25'
23	Tennessee, U.S.A	Watauga	34°09'	82°09'

Fig. 1. Stem straightness grade: different combinations of log lengths in first 6m showing gradual reduction in quality from left to right (after Methley, 1998).

Table 2. The growth performance of *Q. rubra* provenances at different ages.

Provenance ^z	Height (m)					Diameter at breast height (cm)		Volume (m ³)		Survival rate (%)
	4 yrs	8 yrs	10 yrs	12 yrs	18 yrs	12 yrs	18 yrs	12 yrs	18 yrs	18 yrs
1	1.67	3.65	4.63	6.45	11.97	6.7	10.3	0.0145	0.0638	73.3
2	1.66	3.65	4.22	5.29	11.07	5.7	9.6	0.0085	0.0513	68.0
3	1.36	3.15	3.84	5.15	10.58	5.1	8.8	0.0067	0.0415	41.3
4	1.47	3.33	4.06	5.46	11.74	5.4	10.3	0.0080	0.0624	44.0
5	1.85	4.32	5.12	6.63	12.44	6.2	10.6	0.0130	0.0710	57.3
6	1.75	4.20	4.98	6.09	12.98	6.1	11.3	0.0115	0.0833	53.3
7	1.98	4.37	5.64	6.87	12.43	6.8	10.2	0.0162	0.0650	61.3
8	1.97	4.02	5.48	7.01	11.98	7.1	10.5	0.0176	0.0661	74.7
9	1.85	4.15	4.92	7.14	12.85	6.7	12.4	0.0160	0.0998	60.0
10	1.98	4.37	5.38	7.76	11.88	7.9	11.1	0.0241	0.0734	50.7
11	1.89	3.54	4.67	6.76	11.08	6.4	9.5	0.0139	0.0506	65.3
12	1.82	4.23	4.63	6.03	12.28	5.5	9.8	0.0093	0.0593	72.0
13	2.06	4.49	5.14	6.66	12.52	6.2	11.2	0.0129	0.0785	69.3
14	1.92	4.72	5.75	7.41	12.29	7.0	10.3	0.0181	0.0655	72.0
15	1.64	3.96	4.75	6.18	12.13	5.6	10.3	0.0097	0.0647	46.7
16	1.56	4.01	4.52	5.97	11.98	5.8	9.4	0.0103	0.0532	57.3
17	1.44	3.15	3.92	5.05	11.40	4.4	8.5	0.0049	0.0411	45.3
18	2.19	3.89	4.89	6.48	13.13	5.8	10.5	0.0110	0.0731	77.3
19	2.03	4.06	5.06	6.91	12.44	6.5	10.7	0.0148	0.0715	73.3
20	1.98	3.83	5.10	6.65	12.87	6.6	9.9	0.0146	0.0634	61.3
21	1.44	2.29	3.44	4.18	9.78	4.6	7.9	0.0045	0.0304	46.0
22	1.85	4.96	5.27	7.86	12.57	7.2	12.8	0.0205	0.1030	60.0
23	1.49	3.63	3.89	4.19	11.26	4.1	8.9	0.0036	0.0450	64.0
Mean	1.78	3.92	4.74	6.27	11.98	6.1	10.2	0.0123	0.0642	60.6
Control ^y	1.38	3.82	4.81	5.27	8.59	5.7	8.2	0.0085	0.0293	61.3

^zProvenances 1~23 : Number of provenances (1~23) are same as these in the Table1

^y*Q. acutissima*

은 수고 조사를 12, 18년생은 수고와 흉고직경을 조사하였다. 최근 18년생은 각 산지 반복별 생존하고 있는 참나무를 대상으로 수고와 흉고직경을 전수 조사하였고, 주간의 수간 통직성을 곧기 정도에 따라 Fig. 1에서 보는 바와 같이 1~7등급까지 점수를 부여하여 구분한 후 수량화하여 조사하였다. 산지와 조림지의 기후 차이에 따른 생장변화를 구명하기 위해 조림지와 산지의 최저온도, 평균온도, 최고온도, 강수량, 고도 등 자료를 이용하여 생태적 거리를 구하여 상관분석을 실시하였다(Csaba, 1995). 통계분석은 SAS/STAT (ver. 9.0; SAS Institute Inc. 1996) 프로그램을 이용하여 분산분석(ANOVA)을 통한 산지간 변이의 유의성과 23개 산지의 지리적 분포와 이들의 생장특성을 비교 하였다.

결과 및 고찰

생장특성

루브라참나무의 각 산지의 수고와 흉고직경 생장은 Table 2와 같이 조사되었다. 식재 후 18년생에서 23개 산지의 평균 수고생장은 비교 수종인 상수리나무 보다 우수하였고, 4년생 때 생장이 우수한 산지들이 18년생 때에도 우수한 생장을 보였다. 산지별로 보면 미국 New York, Vermont 주와 캐나다의 Quebec 산지의 루브라참나무는 각 수령별 수고 생장에서

상위 그룹에 포함되는 것으로 나타났으며, 미국 Minnesota 주의 Houston Country와 Virginia 주의 DeerField 산지는 수고생장이 불량하였다. 이는 유시생장이 우수한 산지가 후기 생장도 우수하다는 Ryu et al. (2004a, 2004b)의 보고와 유사하였으며 McGee & Loftis (1986)가 North Carolina 주에서 포지 생장이 우수한 산지가 조림 후 식재지에서도 생장이 우수했다는 보고와도 일치하는 결과이다. 또한, 18년생의 흉고직경 생장에서도 각 산지간 생장 차이가 수령 12년생 때의 흉고직경 증가량과 유사하였고, 산지 간 수고 생장패턴과도 유사하였다. 미국 Arkansas 주의 Womble 산지와 New York 주의 Selkirk Shore 산지의 흉고직경 생장이 가장 우수하였고, 생장이 불량한 산지는 Minnesota 주의 Houston Country와 Virginia 주의 DeerField 산지로 수고생장과 마찬가지로 가장 저조하였다.

루브라참나무의 생장특성을 살펴보면 유시생장이 우수한 산지가 수령 18년생 때도 생장이 우수하였다. 특히, 평균 수고에서 미국의 Vermont 주의 Middlebury 산지의 경우 13.1 m로 Virginia 주의 DeerField 산지 9.8 m 보다 약 26% 정도 우수하였고, 흉고직경에서도 Arkansas 주의 Womble 산지가 12.8 cm로 Virginia 주의 DeerField 산지의 7.9 cm 보다 약 38% 더 우수한 생장을 보였다. 그리고 비교 수종인 상수리나무의 평균수고 및 흉고직경은 각각 8.6 m와 8.2 cm로 가장

Table 3. Simple correlation analysis among growth performance (18-years-old) and geographical variable of provenance and plantation.

		Height (m)	D.B.H (cm)	Volume (m ³)	Survival rate (%)
Plantation	D.B.H (cm)	0.788 ^{**y}	-		
	Volume (m ³)	0.842 ^{**}	0.974 ^{**}	-	
	Survival rate (%)	0.411	0.265	0.337	-
	Minimum temperature (°C)	0.152	0.138	0.182	-0.214
	Mean temperature (°C)	0.177	0.255	0.261	-0.213
Provenance	Maximum temperature (°C)	0.216	0.459 [*]	0.403	-0.106
	Altitude (m)	-0.152	-0.111	-0.193	-0.389
	Precipitation (mm)	0.021	-0.012	0.077	0.130
	Minimum temperature (°C)	0.152	0.138	0.182	-0.214
	Mean temperature (°C)	0.200	0.275	0.272	-0.181
Ecological distance ^z	Maximum temperature (°C)	0.258	0.492 [*]	0.437 [*]	-0.102
	Altitude (m)	-0.152	-0.111	-0.193	-0.389
	Precipitation (mm)	0.026	-0.004	0.086	0.136

^zthe difference of climate variable between plantation and provenance.

^{y**} and ^{*} means significant at 1% and 5% level, respectively.

생장이 저조한 Virginia 주의 DeerField 산지와 큰 성장차이를 보이지 않았으나, 생장이 우수한 Arkansas 주의 Womble 산지의 경우, 수고에서는 32%, 흉고직경에서는 36% 정도 더 생장이 우수하였다.

기후에 따른 성장 변화

원산지의 최저온도, 평균온도, 최고온도, 강수량, 고도 등을 이용하여 조림지와 산지 간 생태적 거리(ecological distance)를 구하여 상관을 분석한 결과는 Table 3과 같다. 수고와 흉고, 수고와 재적 그리고 흉고와 재적은 정의 상관을 나타내었

Fig. 2. Relationship between ecological distance and height growth.

는데 수고와 흉고가 증가할수록 재적의 증가를 가져 온다는 당연한 결과를 보인다. 또한 산지별 최고 기온과 흉고에서 정의 상관을 조림지와 산지간의 차이를 나타내는 생태적 거리에서는 흉고와 재적 생장이 클수록 최고기온에서 정의 상관을 나타내었다. 최고 기온이 높을수록 흉고직경과 재적생장이 증가하는 것으로 나타났다. Fig. 2에서는 수고와 최저기온, 평균기온, 최고기온 및 강수량과 고도의 생태적거리(ecological distance)에 따른 관계를 나타내었다. 최저기온은 조림지 기후보다 0~-6℃까지 낮은 기온에서 분포하는 산지가 수고생장이 우수하였고, 평균기온도 0~-4℃의 낮은 기온에서 분포하는 산지가 생장이 우수하였다. 또한 최고기온에서도 0~-4℃로 최저기온과 평균기온과 유사한 경향을 보였다. 이는 북아메리카 원산지의 추운지방 즉 북쪽에서 도입된, 루브라참나무의 생장이 우수한 것을 의미한다. 해발고도와 수고와의 관계에서는 조림지보다 해발고도가 높은 지역의 루브라참나무의 생장이 우수하였다. 생장이 대체로 상위 약 10%에 속하는 6, 9, 18 번은 Illinois, New York, Vermont 주로 북위(N) 40°~43°, 서경(W) 93°~76°에 분포하며, 조림지인 경기도 화성지역의 북위(N) 37° 보다, 북쪽에 위치한 산지의 루브라참나무의 수고생장이 타 산지보다 우수하였다.

수간 통직성

루브라참나무 23개 산지의 수간 통직성은 Fig. 3에서 보듯이 산지간에 많은 차이가 나타났다. 수간의 통직성이 가장 우수한 지수 7로부터 통직성이 가장 불량한 지수 1에 해당되는 루브라참나무의 산지간 형태에 따른 수간 통직성을 조사한

결과 캐나다산인 Quebec주의 Arthabaska, Sillery, Beloeill 산의 루브라참나무가 통직성이 우수하였고, 미국산인 Vermont 주의 Middlebury 산과 New York주의 Selkirk Shore 산의 루브라참나무의 수간이 더 통직한 것으로 나타났다. 특히 루브라참나무는 수간 통직성 지수 7과 6에 해당되는 비율이 Control(상수리나무) 11.4%에 비해 평균 52.1%로 높게 나타나 수간이 통직한 우량한 특성을 가지고 있음을 알 수 있다.

수간이 통직한 지수 7과 6에 해당되는 산지별 특성은 캐나다의 Quebec주 Beloeill 산의 루브라참나무가 76%로 가장 우수하였고, Wisconsin주의 Sauk Country 산의 루브라참나무가 28%로 가장 불량한 경향을 보였다. 수고 및 흉고직경에서는 Arkansas주의 Womble과 New York의 Selkirk Shore의 생장이 우수하였으나, 수간이 통직한 Quebec주의 3개 산지는 Beloeill 산에서 도입된 수종만이 생장이 우수한 것으로 나타났다. 이상의 결과를 종합할 때, 수간의 통직성 비교는 캐나다산이 통직하게 나타났으나 생장 및 현존율 등을 고려하여 이용하는 것이 바람직할 것으로 보인다.

적 요

유용 참나무 선발을 목적으로 도입된 루브라참나무는 1972년 원산지로부터 도입하여 적응성 검정 결과 생장과 재질이 우수하고 적응력이 뛰어나, 1991년 추가로 23개 산지를 도입하여 각 산지별 75본씩 소규모 산지시험을 하였다. 그 결과 New York와 Vermont주 루브라참나무의 수고생장이 우수하였고, Minnesota주와 Virginia의 생장이 불량하였다. 직경생

Fig. 3. Comparison of stem straightness among provenances of *Q. rubra* at age 18. Number (1-7) in legend mean the grade of straightness in Fig 1.

Table 4. The stem straightness of 23 provenances of *Q. rubra*.

Provenance ^z	Grade of stem straightness ^x							Total
	Low	<----->					High	
	1	2	3	4	5	6	7	
1	1	6	24	40	60	78	56	265
2	0	2	27	16	85	54	77	261
3	2	2	27	32	20	36	21	140
4	1	4	30	24	40	30	7	136
5	0	2	15	16	55	48	91	227
6	0	12	12	20	25	54	42	165
7	0	4	12	24	65	48	70	223
8	1	16	18	24	90	78	42	269
9	0	0	15	32	65	78	70	260
10	0	4	18	32	35	42	98	229
11	0	4	30	36	50	84	56	260
12	0	0	9	28	80	72	105	294
13	0	2	15	8	95	108	56	284
14	0	2	3	24	50	102	126	307
15	0	2	18	44	50	36	7	157
16	0	0	9	20	50	72	84	235
17	0	4	15	24	30	36	49	158
18	1	0	24	32	70	84	91	302
19	1	2	24	28	90	48	70	263
20	0	2	12	28	70	84	35	231
21	1	2	15	24	5	36	28	111
22	0	0	6	4	25	36	14	85
23	1	4	12	12	15	6	14	64
Control ^y	8	30	24	24	15	6	7	114

^zProvenances 1~23 : Number of provenances (1~23) are same as these in the Table1

^y*Q. acutissima*

^xThe grade of stem straightness refer to Fig. 1.

장에서도 수고생장과 유사한 결과가 나왔으며, 특히 수고생장이 불량한 Minnesota주와 Virginia주는 직경생장도 불량하였고, 직경생장이 우수한 지역인 Illinois주와 Vermont주의 수고 생장은 상위 그룹에 속하였다. 수종별 생장에서 루브라참나무는 상수리나무보다 약 30% 생장이 우수하고, 알바참나무와는 약 300% 생장이 우수하였다. 특히 재적생장에서 루브라참나무는 상수리나무보다 약 3배가량 재적생장량이 좋았다. 수간의 형태적 특징에 따른, 통직성 조사시 가장 우수한 산지는 캐나다의 Quebec주의 Beloeill 산지였고, 가장 불량한 산지는 Wisconsin주의 Sauk Country 산지로 나타났다. 특히, 가장 우수한 Quebec주의 Beloeill 산지는 우리나라 향토 수종인 상수리나무(Control) 보다 생장에서 약 3.5배 우량한 특징을 보였다. Beloeill 산지는 다른 산지들에 비해 수간이 통직하고 우량하여 우리나라의 기후 풍토에 잘 적응하는 것으로

판단된다. 또한, 생장과 통직성 조사시 우수한 산지는 북위 43~46°에 분포하는 미국의 New York주와 캐나다 Quebec주의 루브라참나무가 우수한 것으로 나타났다. 따라서 루브라참나무는 국내 수종인 상수리나무보다 생장이 우수하고, 로버참나무와 알바참나무보다 적응력이 뛰어나 유망해 보여 도입수종으로서 산지자원화에 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

References

1. Csaba M. 1995. Modeling effects of climate change with provenance test data by applying ecological distances. In: Proceedings of IUFRO XX World Congress "Caring for the forest: Research in a changing world". 1995. August 6-12. Tampere, Finland. pp.145.
2. Edward RW, Kristjan CV, Andrew P. 2009. Root characteristics and growth potential of container and bareroot seedlings of red oak (*Quercus rubra* L.) in Ontario, Canada. New Forests. 34: 163-176.
3. Han YC, Lee GY, Ryu KO, Park MS. 1986. Adaptation trial of *Quercus rubra* L. in Korea. Res. Rep. For. Gen. Res. Inst. Korea 23: 7-9.
4. Kriebel HB, Bagley WT, Deneke FJ, Funsch RW, Roth P, Jokela JJ, Merritt C, Wright JW, Williams RD. 1976. Geographic variation in *Quercus rubra* in north central United States plantations. Silvae Genetica 25: 118-122.
5. Kriebel HB, Merritt C, Stadt T. 1988. Genetics of growth rate in *Quercus rubra*: provenance and family effects by the early third decade in the north central U.S.A. Silvae Genetica 37: 193-198.
6. McGee CE, Loftis DL. 1986. Planted oaks perform poorly in North Carolina and Tennessee. North. Appl. For. 3: 114-116.
7. Methley J. 1998. Timber quality: a pilot study for assessing straightness. Forestry Commission Information Note 10. Forestry Commission, Edinburgh.
8. Miranda R. 2009. Recruitment and dominance of *Quercus rubra* and *Quercus alba* in a previous Oak-Chestnut forest from the 1980s to 2008. Changes in Oak Dominance. pp.1-30.
9. Olson DF Jr. 1974. *Quercus* L. oak. In: Schopmeyer CS, ed. Seeds of Woody Plants in the United States. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Handbook 450. Washington D.C. pp.692-703.

10. Ryu KO, Kim IS, Song JH. 2004a. Growth comparison among 8 provenances of *Quercus rubra*. J. Korean. Soc. Breed. Sci. 36: 309-15.
11. Ryu KO, Kwon OW, Song JH, Kim IS. 2004b. The variation of growth performance, timing of leaf burst and leaf form among 23 Provenances of *Quercus rubra* L. in Korea. J. Korean For. Soc. 93: 235-241.
12. Sander IL. 1990. *Qeurgus rubra* L. northern red oak. In: Burns RM and Honkala BH, ed. Silvics of North America. Volume 2. Hardwoods. United States Department of Agriculutre, Forest Service, Agricultural Handbook 654. Washington, DC. pp.727-733.