

국내산 낙엽송의 톱밥 유형에 따른 펠릿특성에 관한 연구*1

류재윤*3 · 강찬영*2 · 이응수*2 · 서준원*4 · 이현종*2 · 박헌*2†

The Study on the Characteristics of Pellets Manufactured with Morphologically Different Domestic *Larix Kaemferi Carr* Sawdust*1

Jae-Yun Ryu*3 · Chan-Young Kang*2 · Eung-Su Lee*2 · Jun-Won Seo*4 · Hyun-Jong Lee*2 · Heon Park*2†

요약

본 연구에서는 국내 수종 중 낙엽송(*Larix Kaemferi Carr*)을 대상으로 하여 톱밥의 특성별, 형태별로 나누어서 제조된 목재펠릿의 특성변화를 조사하였다. 제조된 펠릿의 함수율, 밀도, 회분, 흡습율, 발열량을 측정하여 비교하였다. 펠릿제품의 함수율은 6.4~7.31%로 나타나 목재펠릿의 품질기준 1급인 10% 이하를 만족시켰고, 대팻밥으로 제조한 펠릿의 밀도가 가장 높았고, 톱밥의 종류별 제조된 펠릿의 밀도는 큰 차이가 없었으며, 품질규격 1급을 만족시켰다. 회분은 0.2~0.424%로 품질규격 1급인 0.7% 미만의 범주에 속한 것으로 나타났으나, 수피만으로 제조된 펠릿의 회분량은 2.106%로 상당히 높은 값을 보여 1.5% (2급)을 초과하였다. 흡습율은 수피를 사용한 경우 추출물성분에 의해 수분 흡수 저해 효과가 있는 것으로 나타났으며, 제조된 각 펠릿의 발열량 측정결과 품질기준(1급) 4,300 kcal/kg을 넘어섰다.

ABSTRACT

The study was carried out to investigate the characteristics of pellets manufactured with morphologically different *Larix Kaemferi Carr* sawdust. The pellet characteristics included mois-

* 1 접수 2009년 9월 28일, 채택 2010년 1월 12일

본 연구는 농림수산식품부·농림기술관리센터(과제번호 108098-2) 지원으로 수행되었음.

* 2 건국대학교 산림과학과, Department of Forest Science, Konkuk University, Chungju 380-701, Korea

* 3 산림조합중앙회 목재유통센터, Wood R&D Lab., Wood Products & Distribution National Forestry Cooperatives Center, Federation

* 4 Dept. of Wood Science & Engineering, College of Forestry, Oregon State University, USA

† 주저자(corresponding author) : 박헌(e-mail: h.park@kku.ac.kr)

ture contents satisfied the first grade (less than 10%) of quality standard of wood pellets announced by Korea Forest Research Institute. Densities were also adequate for the first grade (640 kg/m³) on the quality standard and there was no large difference in other characteristics of pellets, however, pellets manufactured with planer shavings had the highest density. Ash contents also passed the first grade (less than 0.7) of quality standard. But bark pellet exceeded the second grade (15%) in ash content. Lower absorption ratio of bark pellet showed the effect on hygroscopicity. The heating value of the manufactured wood pellets in this study exceeded the first grade of quality standard (more than 4,300 kcal/kg).

Keywords: pellet, morphology, *Larix Kaemferi Carr*

1. 서 론

산업혁명 이후 인류의 급격한 에너지소비와 이산화탄소 배출은 지구의 평균온도를 상승시켰으며, 지구온난화라는 심각한 환경 문제와 함께 화석에너지 고갈이라는 문제에 직면하게 되었다.

이에, 국제사회는 1992년 브라질 '리우기후' 변화협약, 1997년 '교토의정서'를 채택하여 온실가스 배출량을 단계적으로 줄여 나가는 노력을 해오고 있다. 우리나라도 1998년 '에너지 절약과 온실가스 배출감축을 위한 자발적 협약'을 기업이 이행토록 하고 있다. 나아가, 각종 개발에 있어서도 '지속가능한 발전'이라는 개념을 도입하고 신재생 대체 에너지 육성 법안을 마련하고 있다.

심각한 환경문제와 에너지 고갈은 지구보호를 위한 저탄소방출의 대체에너지에 대한 관심을 높였고 이에 대한 대응으로 바이오매스를 이용한 목질연료의 출현을 가져오게 했다. 이에, 대표적인 목질 바이오메 에너지인 펠릿이 많은 주목을 받고 있다.

펠릿의 탄생은 1970년 1차 오일쇼크 후 스칸디나비아반도에서 시작하여 1980년 북미, 유럽으로 확산되어 2007년 말에는 전 세계 목재 펠릿 공장 442개소에서 14,000,000톤을 생산할 정도로 빠르게 확산되어 가고 있다.

우리나라는 2008년 7월 1일 목재 펠릿 신재생 에너지 세미나를 시작으로 2008년 7월 중순 전북 군산에서 생산 실증 공장 준공, 2009년 1월 경기 여주에 산림조합중앙회 목재유통센터에서 본격적으로 생산

및 공급이 시작되었으며, 동년 5월 전남화순에 SK임업건설이 펠릿공장을 설립 가동하였고, 정부에서는 2009년 4개소(김해, 청원, 양평, 단양) 설립을 추진하고 있으며, 2010년에 추가로 8개소가 증가될 예정이며, 2020년까지 16개소를 설립할 예정이다. 또한, 정부지원 펠릿보일러 사업을 통해 2008년 24대, 2009년 3천대, 2020년 30천대까지 보급 계획을 세우고 있다.

이러한 사업은 정부의 저탄소녹색성장과 기후변화 대응을 위한 신재생 에너지 개발 및 보급에 대한 일환으로 전개되고 있다. 그러나 우리나라 펠릿 생산 및 제품은 시작된 지 2년이 채 되지 않은 초기단계로 많은 미비한 점이 있어 이에 따른 연구가 뒷받침 되어야 한다.

이에 본 연구에서는 국내 대표적 수종인 낙엽송을 선정하여 톱밥의 형태 및 유형별로 분류하여 압축성형 제조된 펠릿의 품질적 특성을 연구하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 공시재료

펠릿제조용 공시 원재료는 국내산 낙엽송 수종의 톱밥을 사용하였다. 사용된 톱밥의 형태별 구성은 D사의 제재공장에서 발생되는 피죽톱밥, 제재톱밥, 대패톱밥, 혼합톱밥, 수피 등 펠릿제조를 위한 원재료로 분양받아 목질펠릿을 제조하여 성형된 펠릿의 특성차이를 규명하고자 하였다. 사용된 원료 톱밥의 특성 및 구분은 Table 1과 같다.

Table 1. Characteristics of raw materials for pelleting

Raw material	Characteristics
공장혼합원료(A)	제재공장에서 발생하는 톱밥으로 분쇄기톱밥, 제재톱밥, 대팻밥 등이 혼합된 것(미세분말에서 25 mm까지)
A 중 체를 통과하지 않은 것(B)	혼합원료를 4×4 mm mesh로 걸러 통과하지 않은 것(10~25 mm까지)
A 중 체를 통과한 것(C)	혼합원료를 4×4 mm mesh로 걸러 통과한 것(미세분말 ~10 mm까지)
C에 첨가제를 넣은 것(D)	선별 후 톱밥에 소맥분을 톱밥무게의 2% 첨가
대팻밥(E)	가공과정상 대패공정에서 발생된 대팻밥(수피가 거의 없으며 두께 0.1 mm, 길이 1~3 mm 정도의 얇은 대팻밥)
수 피(F)	수피만으로 구성된 것(2×5×5~10×10×20 mm)
펠릿 생산 공장 톱밥(G)	펠릿 공장 생산 공장에서 정선된 톱밥(미세분말 ~10 mm 정도)

2.2. 목질펠릿의 제조

공시 원료의 톱밥은 인공건조시 목재의 추출물 등 화학성분의 변화를 최소화하기 위하여 자연건조 후 압축·성형하였으며, 제조된 펠릿의 크기는 지름 6 (-0.1~0.4) mm, 길이 10~30±2 mm이었다. 일반적으로 공장에서 펠릿제조 시 요구되는 함수율은 12% 내외이나 본 연구에서는 실험에 사용한 펠릿제조기로 펠릿이 가장 잘 제조되는 실험조건에 맞게 원료물질에 따라 함수율을 조정하였다(Table 2 참조).

펠릿제조를 위한 성형기는 생산 Capacity 500 kg/hr의 평다이(Flat dies type, hole 직경 6 mm, 2개 roller)를 사용하였다. 펠릿성형기(Pelletizer)를 통과하여 성형된 목질펠릿은 실험실 내에서 24시간 자연 건조를 통한 목재펠릿의 안정을 유도한 후 각종 실험을 실시하였다. 제조된 목질펠릿 중 길이 20~25 mm의 것을 선별하여 시험분석용 샘플로 사용하였다. 한편, 첨가제의 영향을 살펴보기 위하여 시판되는 제품인 소맥분을 본 시험에 사용된 원재료 중 공장혼합원료를 망사체(4×4 mm 망사)로 통과한 것(C)에 무게대비 2% 첨가하여 제조된 펠릿을 비교분석하였다.

2.3. 품질분석

제조된 목질펠릿의 특성에 대한 분석항목은 사용

된 톱밥 및 제조된 펠릿의 함수율, 밀도, 회분, 흡수율, 발열량을 측정하여 비교하였다.

2.3.1. 물리적 특성 측정방법

제조된 목질펠릿의 함수율, 발열량, 회분에 대한 측정방법은 국립산림과학원 고시 제 2009-2호(2009. 5.21일)의 '목재펠릿품질규격' 기준의 제5조(품질 및 품질시험 기준)에 의거 측정 분석하였다.

회분 측정방법으로는 시료 1 g 정도를 탄화로(Furnace)에서 품질규격에 규정된 시험방법에서 정한 승온스케줄(250°C에서 60분, 575°C에서 120분)에 의해 연소시험 후, 잔재의 무게를 측정하였다.

2.3.2. 밀도

제조된 목질펠릿의 밀도는 켈리퍼스에 의해 크기를 측정하거나 메스실린더에 의해 부피를 측정하여 밀도를 구하였으며, 두 가지 방법에 의해 계산된 밀도의 평균값으로 평가를 하였다.

2.3.3. 흡수율 측정방법

제조된 목질펠릿의 흡수율은 생산제품의 보관 시 중요한 인자로서, 연소기에서 연소시 열효율성에 밀접한 관계가 되기 때문에 이에 대한 실험을 실시하였다. 즉, 보관 중 수분에 대한 저항성의 정도를 알아보기 위하여 목재의 흡수성 시험방법(KS F 2205,

Table 2. Moisture contents of raw materials

Raw materials	Moisture contents (%)
공장혼합원료(A)	13.86 (1.875)
A 중 체를 통과하지 않은 것(B)	14.30 (2.396)
A 중 체를 통과한 것(C)	17.56 (0.416)
C에 첨가제를 넣은 것(D)	17.80 (1.802)
대팻밥(E)	15.82 (0.754)
수 피(F)	18.23 (0.950)
펠릿 생산용 공장 톱밥(G)	13.36 (0.873)

* 주 : ()는 Standard Deviation.

2004)에 의거 상대습도 90%로 조정된 장치 속에서 24시간 및 5일 경과 후 무게변화에 의한 흡습율을 측정하여 비교하였다. 흡습율 측정에 사용된 계산식은 $[(\text{기건무게}-\text{흡습후무게})/\text{기건무게}] \times 100$ 의 식에 따라 구하였다.

2.3.4. 발열량 측정방법

제조된 목질펠릿의 열량적 특성에 대한 품질평가로서 발열량의 측정방법은 측정할 시료를 열풍건조기의 온도가 $105 \pm 3^\circ\text{C}$ 에서 항량에 도달할 때까지 건조한 후 테시케이터에서 상온으로 냉각시킨 후, 무게를 측정하여 계산하였다. 발열량은 건조된 시료 0.5 g을 열량계(Parr 6 calorimeter)에 넣고 산소를 충전하고 점화하여 연소전후의 온도변화로부터 열량을 계산하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 함수율

3.1.1. 톱밥 함수율

펠릿제조에 사용된 톱밥 함수율의 측정결과는 Table 2와 같으며, 원료 특성에 따라 실험하는 과정에서 펠릿성형에 적절한 함수율로 조정하여 펠릿이 정상적으로 압축·성형되는 상태의 톱밥 함수율을 측정하였다.

Table 3. Moisture contents of manufactured pellets

Raw materials	Moisture contents (%)
공장혼합원료(A)	6.44 (1.183)
A 중 체를 통과하지 않은 것(B)	6.46 (0.298)
A 중 체를 통과한 것(C)	6.97 (0.066)
C에 첨가제를 넣은 것(D)	6.53 (0.235)
대팻밥(E)	6.61 (1.232)
수 피(F)	12.23 (0.152)
펠릿 생산용 공장 톱밥(G)	7.31 (0.39)

* 주 : ()는 Standard Deviation.

3.1.2. 목질펠릿 함수율

제조된 펠릿의 함수율을 제조 후 24시간 경과 후 측정하였으며, Table 3에서 보여주듯이 평균 6.4~7.31%로 나타나 목재펠릿의 품질기준 1급 10% 이하를 만족시켰으나, 수피의 경우는 12.23%의 높은 함수율을 보여주고 있는데, 이는 성형과정에서 수피만을 사용할 경우 수피톱밥이 성형 로라에 의해 미세분말 발생량이 많아져 펠릿의 길이가 10 mm 미만으로 짧아지기 때문에 정상크기로 제조하기 위하여 투입 톱밥의 함수율을 18% 정도로 높게 조정하였기 때문으로 판단된다. 그러나 수피 펠릿도 제조 후 2일 후에는 10%정도의 함수율로 평형되었다. 소맥분을 첨가한 펠릿(D)은 첨가하지 않은 것(C)보다 약간 낮은 함수율을 보였으나 큰 차이는 없었다.

일반적인 경우, 목재의 펠릿 성형은 약 12% 톱밥이 다이(Dies)와 롤러(Roller)가 부착된 성형틀 내에 투입될 때 고속회전하는 롤러에 의해 발생된 열처리 효과와 고압력에 의해 다이의 원형구멍(holes)을 소량씩 적층되면서 통과되어 2.5~3배로 압축되는 과정으로 이루어진다. 이 과정에서 목재가 가소화되면서 유동화되어 톱밥간에 결합이 이루어지고 수분이 증발되며, 또한 성형기 통과 후 대기노출이나 냉각 과정을 거쳐 함수율이 증발된다. 따라서 일반적으로 목재펠릿 제품은 약 10% 미만의 함수율이 되며, 본 실험에서는 약 6% 내외가 대부분이나 수피를 사용한 경우에는 높은 함수율을 나타내었다.

Table 4. Densities of manufactured pellets

Raw materials	Densities (g/cm ³)		
	크기방법	메스실린더법	평균
공장혼합원료(A)	1.2876 (0.069)	1.3053 (0.080)	1.2982
A 중 체를 통과하지 않은 것(B)	1.2748 (0.040)	1.2113 (0.154)	1.2431
A 중 체를 통과한 것(C)	1.2846 (0.035)	1.2416 (0.149)	1.2631
C에 첨가제를 넣은 것(D)	1.2755 (0.030)	1.2506 (0.121)	1.2623
대팻밥(E)	1.3195 (0.041)	1.3794 (0.188)	1.3491
수 피(F)	1.2682 (0.265)	1.3254 (0.036)	1.2968
펠릿 생산용 공장 톱밥(G)	1.2785 (0.050)	1.2137 (0.089)	1.2461

* 주 : ()는 Standard Deviation.

3.2. 밀도

제조된 펠릿의 개별 밀도는 펠릿의 무게와 캘리퍼스에 의해 측정된 외형 사이즈로 부피를 측정하는 방법과 무게와 메스실린더를 이용한 부피 측정에 의한 방법의 두 가지 방법으로 평균값을 구하였으며, 그 값은 평균 1.246~1.349의 범위로 나타났다(Table 4). 이는 품질기준 1급을 만족시키는 값이다. 특히, 대팻밥 펠릿의 경우에는 성형되는 과정에서 다른 톱밥형태보다 상대적으로 얇고 넓어 압축성형이 용이하여 밀도가 증가된 것으로 사료된다. 첨가제를 넣은 펠릿(D)과 첨가하지 않은 것(C) 사이에는 큰 차이가 없었다.

3.3. 회분

제조된 펠릿의 회분량을 측정하기 위하여 탄화로를 사용하여 규정된 온도 스케줄에 의거 탄화시험을 하였으며 기건상태에서 탄화전후 무게를 비교하여 회분량을 측정하고, 또한, 제품의 함수율을 조정하여 전건상태에서의 펠릿무게를 추정하여 회분량을 두 가지로 측정하였다. 전건상태의 펠릿을 기준으로 하는 것이 타당하나, 실제 연소기에 펠릿을 사용할 때는 기건상태에서 사용되기 때문에 이에 대한 자료를 제시하기 위하여 2가지 방법 모두 측정하여 제시

하였다. 사용된 목분으로 제조된 펠릿의 회분은 평균 0.2~0.424%로 품질규격 1급의 0.7% 미만의 범주에 속한 것으로 나타나(Table 5), 가정용으로 사용이 가능한 고품질의 펠릿으로 판단되었다.

그러나, 수피만으로 제조된 펠릿의 회분량은 평균 2.106%로 상당히 높은 값을 보이고 있고 품질규격기준의 1.5% (2급 수준)를 상회하고 있어 가정용으로는 부적당하고 산업용으로 사용되어야 할 것으로 사료되었다.

대팻밥이나 선별후의 톱밥은 회분량이 낮는데, 이는 제재소의 특성상 대팻밥은 표면가공과정에서 이물질의 제거나 수피함유량이 극히 적은 것에서 비롯된 것으로 사료된다. 첨가제를 넣은 펠릿(D)는 첨가제를 넣지 않은 것(C)보다 회분량은 약간 높으나 품질기준 1등급을 만족시켰다.

3.4. 흡습율

펠릿제품의 함유수분은 연소시 효율성에 밀접한 영향을 미치기 때문에 품질규격에도 1등급의 경우 10% 미만으로 규격화 되어있다. 또한, 제품의 유통과정에서 흡습되지 않도록 해야 한다.

본 연구를 통해 원료특성별 제조된 펠릿의 종류별로 흡습율을 측정한 결과(Table 6), 수피(F), 공장혼합원료를 체를 통과한 톱밥(C)을 사용하여 제조한

Table 5. Ash contents of manufactured pellets

Raw materials	Ash Content (%)	
	based on oven dry weight	based on air dry weight
공장혼합원료(A)	0.424 (0.001)	0.396 (0.001)
A 중 체를 통과하지 않은 것(B)	0.378 (0.105)	0.353 (0.094)
A 중 체를 통과한 것(C)	0.2073 (0.038)	0.192 (0.006)
C에 첨가제를 넣은 것(D)	0.2803 (0.029)	0.244 (0.029)
대팻밥(E)	0.2422 (0.058)	0.226 (0.154)
수 피(F)	2.1036 (0.013)	1.846 (0.065)
펠릿 생산용 공장 톱밥(G)	0.3268 (0.048)	0.2871 (0.053)

* 주 : ()는 Standard Deviation.

Table 6. Water absorption ratios of manufactured pellets

Raw materials	Water absorption Ratios (%)	
	after 24 hour	after 5days
공장혼합원료(A)	0.7493 (0.749)	2.0991 (2.099)
A 중 체를 통과하지 않은 것(B)	0.2275 (0.227)	0.5083 (0.508)
A 중 체를 통과한 것(C)	0 (0)	0.2966 (0.063)
C에 첨가제를 넣은 것(D)	0.7381 (0.142)	1.4186 (0.008)
대팻밥(E)	1.2369 (1.236)	1.9308 (1.930)
수 피(F)	0 (0)	0 (0)
펠릿 생산용 공장 톱밥(G)	0.2794(0.011)	0.5228(0.047)

* 주 : ()는 Standard Deviation.

펠릿은 24시간 경과 후 흡습율이 0으로 나타났다. 이는 수피펠릿의 경우에는 5일 경과 후에도 전혀 흡습하지 않는 것으로 보아 수피의 물리화학적 특성, 추출물 성분에 의해 수분에 대한 저항의 효과가 있는 것으로 판단되었다.

소맥분을 첨가한 펠릿(D)은 첨가제를 넣지 않은 펠릿(C) 보다 24시간 흡습시험에서 흡습율의 증가현상(5일후 4.78배 증가)을 보이고 있어 소맥분의 첨가는 흡습율에 부정적 영향을 미침을 알 수 있다. 단, 전분을 첨가하는 목적은 성형시 부하되는 압력을 줄이고 다이내 유동성, 즉 마찰을 줄여서 생산성을 향상시키기 위한 것이다. 이에 전분첨가에 대해서는 적절

한 판단이 필요하다. 또한, 체를 통과하지 않은 톱밥으로 제조된 목재펠릿은 Table 4에서 볼 수 있듯이 밀도가 체를 통과한 톱밥으로 제조된 것보다 약간 낮아서, 입자간의 결합력이 낮거나 수분을 흡수할 수 있는 표면적이 넓은 것에서 비롯된 것으로 추정된다.

그러나 공장혼합원료(A)는 체를 통과하지 않은 톱밥(B)과 체를 통과한 톱밥(C)의 혼합이나 흡습율이 B, C보다 높게 나타나 원료크기가 큰 것과 작은 것이 혼합될 경우 입자간의 밀착효과가 더욱 커서 수분 흡습시 흡습률이 크게 나타난 것으로 사료된다. 이에 대한 자세한 연구는 추후 더 진행되어야 할 것으로 판단된다.

Table 7. Heating values of each wood pellets

Raw materials	Heating value (kcal/kg)
공장혼합원료(A)	4447.3 (30.66)
A 중 체를 통과하지 않은 것(B)	4538.3 (14.18)
A 중 체를 통과한 것(C)	4460.7 (9.29)
C에 첨가제를 넣은 것(D)	4477.3 (14.46)
대팻밥(E)	4505.0 (9.64)
수 피(F)	4468.3 (54.68)
펠릿 생산용 공장 톱밥(G)	4496.0 (34.30)

* 주 : A~F는 자연건조, G는 인공건조 톱밥, ()는 Standard deviation.

결국, 흡습율은 제품 운반 및 보관 시, 위의 조건에 반응하여 나타나는 현상이다. 흡습율이 높은 제품일 수록 제품의 유통과정에서 펠릿의 함수율이 높아질 수 있고, 또한 높은 함수율인 펠릿의 연소는 연소 기기에서의 발열 효율성이 떨어지는 현상이 나타나게 된다. 따라서 제품의 흡습율이 낮은 것이 제품의 유통과정상 상품성이 유리하다.

3.5. 발열량

펠릿제품의 발열량은 원재료의 특성에 따른 영향이 가장 크다고 할 수 있다. 제조된 목재펠릿의 열량적 특성에 대한 품질 평가로서 고위 발열량을 분석한 결과 Table 7과 같다.

제조된 펠릿제품의 발열량 측정결과는 품질기준인 1등급(kcal/kg)을 상회하였으며, 사용된 원료가 동일 수준이기 때문에 톱밥 특성에 의한 발열량의 차이는 크지 않았으며, 또한 첨가제에 의한 영향이 낮았다. 이는 사용 수준이 동일하기 때문에 열량의 차이가 적은 것으로 판단된다.

4. 결 론

본 연구에서는 국내 대표적 수종인 낙엽송을 이용

하여 톱밥의 형태별로 분류하여 그에 따른 펠릿품질 특성을 연구하였다. 이에 대한 결과를 정리하면 다음과 같다.

1) 펠릿 원료 형태에 따라 펠릿 제조 시 적정 함수율이 다르다는 것을 알 수 있었다.

2) 제조된 펠릿의 함수율은 6.4~7.31%로 나타나 목재펠릿의 품질기준 1급 10% 이하를 만족시켰다.

3) 대팻밥으로 제조한 펠릿의 밀도가 가장 높았고, 다른 펠릿의 밀도는 큰 차이가 없었으며, 품질규격 1급을 만족시켰다.

4) 제조된 펠릿의 회분은 0.2~0.424%로 품질규격 1급의 0.7% 미만의 범주에 속한 것으로 나타났으나, 수피만으로 제조된 펠릿의 회분량은 2.106%로 상당히 높은 값을 보여 2급 품질 기준인 1.5%를 상회하였다.

5) 흡습율은 수피를 사용한 경우 추출물성분에 의해 내흡습성의 효과가 있는 것으로 추정된다.

6) 제조된 모든 펠릿제품의 발열량 측정결과는 품질기준인 1등급(kcal/kg)을 상회하였다.

7) 낙엽송의 톱밥에 소맥분을 첨가하는 경우에 흡습률이나 회분량이 증가현상이 나타나 첨가 효과가 없는 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

1. 국립산림과학원. 2008. 산림과학기술 심포지엄 산림환경 보전과 산림자원의 이용. pp. 57~63.
2. 국립산림과학원. 2008. 산림 바이오에너지 국제 학술 심포지엄 Utilization technology and economy of forest biomass. pp. 7~14.
3. 국민대학교. 2008. 산촌형 목질 바이오에너지 공급 시스템의 구축 전략 심포지엄. pp. 1~12.
4. 그린바이오에너지인력양성사업단. 2009. 바이오에너지의 이해. pp. 123~136.
5. 서울대학교 농업생명과학대학. 2009. 바이오에너지 심포지엄. Low Carbon, Green Growth. pp. 13~15.
6. 한국에너지기술연구원. 2009. 09년 바이오 에너지. pp. 83~109.
7. 한국임업신문. 2009. 제611호. p. 1.