

임업생산비통계를 이용한 연도별 밤 생산량의 기술효율성 평가

원현규¹ · 전주현¹ · 김철우² · 전현선¹ · 손영모¹ · 이 옥^{2*}

¹국립산림과학원 산림산업연구과, ²국립산림과학원 특용자원연구과

Evaluation on the Technique Efficiency of Annual Chestnut Production in South Korea

Hyun-Kyu Won¹, Ju-Hyeon Jeon¹, Chul-Woo Kim², Hyun-Sun Jeon¹,
Yeung-Mo Son¹ and Uk Lee^{2*}

¹Division of Forest industry Research, National Institute of Forest Science, Seoul 02455, Korea

²Division of Special-purpose Trees, National Institute of Forest Science, Suwon 16631, Korea

요약: 본 연구는 우리나라 연도별 밤 생산량에 대하여 기술효율성을 평가하기 위한 목적으로 수행하였고 기술효율성은 일정량의 비용을 투입하여 얻을 수 있는 최대 생산가능량을 의미한다. 기술효율성 분석을 위하여 산출방향 BCC 모형을 이용하였고 기술효율성 증감의 원인을 분석하기 위하여 단위당 투입비용, 생산량, 조수입, 순수입, 시장가격등의 상관관계를 분석하였다. 연구자료는 2008년부터 2014년까지 7년간의 임산물생산비통계를 활용하였다. 연구결과, 2008년, 2009년, 2010년은 최대 생산가능량과 실제생산량이 ha당 1,568 kg, 1,745 kg, 1,534 kg로 동일하게 나타나 기술효율성이 모두 1.00로 평가되었다. 그러나 2011년부터 2014년까지는 실제생산량이 ha당 1,270 kg, 1,047 kg, 1,258 kg, 1,488 kg이고 최대 생산가능량은 1,524 kg, 1,467 kg, 1,635 kg, 1,637 kg으로 분석되어 기술효율성이 0.83, 0.71, 0.75, 0.91로 평가되었다. 기술효율성은 2012년이 0.71로 가장 낮은 것으로 평가되었고 2013년부터 기술효율성 값이 점차 증가하는 것으로 나타났다. 기술효율성 증감의 요인은 생산량과 시장가격의 관계성이 있으며 $r = -0.821$ ($p < 0.05$)로 부(-)의 상관관계를 가지는 것으로 나타났다. 그리고 단위 면적당 최대 생산가능량 수준은 하한 1,488 kg 과 상한 1,745 kg 사이에 있으며 평균 1,584 kg인 것으로 나타났다.

Abstract: This study was conducted to evaluate the technical efficiency of Annual Chestnut production in South Korea. In this study, technical efficiency is the maximum possible production for which a certain amount of costs is inputted. For analysis on the technical efficiency we used output-oriented BCC Model, and then we analyzed correlation among input costs, production, gross income, net income, and market price per unit in order to determine the cause of variation in the technical efficiency. As study materials, we used statistics for the forestry production costs for 7 years from 2008 to 2014. The study results showed that the maximum possible production and actual production in 2008, 2009, and 2010 were 1,568 kg, 1,745 kg, and 1,534 kg by hectares in the order which were the same values. Consequently, the technical efficiency of those was all evaluated as 1.00. On the other hand, actual production from 2011 to 2014 was 1,270 kg, 1,047 kg, 1,258 kg, and 1,488 kg by hectares in the order and the maximum possible production was 1,524 kg, 1,467 kg, 1,635 kg, and 1,637 kg by hectares in the analysis. From those values, the technical efficiency was evaluated in the following order: 0.83, 0.71, 0.75, 0.91. The lowest value of the technical efficiency was 0.71 in 2012, and the values of this increased gradually since 2013. It is indicated that the cause of variation in the technical efficiency was related to the relationship between production and market price, and there was a negative correlation with $r = -0.82$ ($p < 0.05$). The level of maximum available production per unit area was between 1,488kg in lower limit and 1,745 kg in upper limit, and the average was turned out as 1,548 kg.

Key words: chestnut, annual production capability index, DEA model, report of forestry production cost, optimal production

서론

밤은 임업인 소득향상을 위하여 산림청이 선정한 대표

적인 단기소득임산물 품목이며 1960년 대 말부터 전국적으로 보급되었다. 1990년대 들어와서는 일본, 미국, 중국까지 수출이 확대되면서 우리나라 임가 소득에 크게 기여해 왔다. 2014년 기준, 연간 밤 생산량은 59,465톤으로 우리나라 전체 수실류 총생산량(240,535톤)의 27%를 차지

*Corresponding author
E-mail: rich26@korea.kr

하고 있다. 지난 십여 년간 밤 생산량 추세를 살펴보면 1995년 93,654톤, 2000년 92,844톤, 2005년 76,446톤, 2010년 68,630톤, 2014년 59,465톤으로 지속적으로 감소하고 있다(KFS, 2015a). 동일연도 기준으로 연간 밤 수출량도 1995년 28,860톤, 2000년 15,615톤, 2005년 16,834톤, 2010년 13,185톤, 2015년 10,555톤으로 더욱 큰 폭으로 감소하고 있다(KFS, 2015b). 2014년도 연간 밤생산량은 1995년 대비하여 63%수준이고 수출량은 36%수준으로 감소하였다. 최근 자유무역협정(Free Trade Agreement; FTA)에 따른 시장개방은 가격경쟁력 약화 및 밤 재배 임가의 수익성을 저하시켜 국가 차원의 지속가능한 밤 산업 발전을 기대할 수 없게 된다.

따라서 밤나무 재배 임가의 안정적인 소득수준 유지를 통하여 밤 산업발전을 위한 다각적인 노력이 필요한 시점이라 할 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 밤나무 신품종 개발, 밤 수확 및 저장기술, 밤 유통·판매시장의 다변화, 임업보조금 지원제도 등 많은 기술개발 및 정책지원도 필요하다. 그러나 무엇보다 필요한 것은 밤나무 경영실태에 대하여 통계정보를 기반으로 체계적인 진단과 분석을 통해 새로운 정책대안과 기술개발의 방향을 제시할 필요가 있다. 산림청은 통계법 제18조 및 동법 시행령 제24조의 법적근거로 2008년부터 매년마다 임산물 생산비 통계를 작성하고 있으며 작성목적은 임산물 손실보상, 임업경영진단 등을 통한 합리적인 정책수립에 필요한 기초자료를 제공하는데 있으며 대상품목은 밤, 대추, 호두, 뽕은 감, 표고버섯, 더덕 등 6개 품목이다(KFS, 2015).

일반적으로 투입비용과 생산량은 매우 밀접한 상관관계를 가지고 있으며, 전통적인 경영관점에서 효율성은 투입비용을 사용하여 생산할 수 있는 최대 생산량을 얻을 수 있도록 하거나 일정량 생산을 위해 투입비용을 최소로 사용하는 것이다(Koopmans, 1951). 그리고 효율성을 물리적 요소와 경제적 요소에 의해 결정된다고 하였고, 전자는 생산의 투입량의 결함을 통해 최대의 산출을 생산하는 능력으로서 기술효율성, 후자는 가격의 관점에서 생산물

의 결함을 통해 결정하는 능력으로서 가격효율성으로 정의하였다. 그리고 이 두 가지의 효율성이 결합하여 총괄 효율성이라 지칭하였다(Farrel, 1957). 그러나 가격 및 총괄 효율성의 측정은 비용최소화, 수익최대화, 이윤최대화 등 기업의 경제적 목적을 사전에 가정해야 하며, 투입요소 및 산출물의 시장가격에 관한 많은 정보를 필요로 하고 현실적으로 자료를 수집하는 것이 매우 어렵기 때문에 대부분의 연구가 기술효율성 측정에 초점을 두고 있다고 하였다(Kim et al., 2007).

본 연구의 목적은 임산물생산비 통계를 이용하여 일정량의 비용을 투입하여 얻을 수 있는 최대 가능 생산량 수준을 분석하여 실제 생산량과 비교함으로써 상대적인 기술 효율성을 평가하는 데 있다. 또한 단위당 투입비용, 생산량, 시장가격, 조수입, 순수입 등의 상관분석을 통해 기술 효율성 증감의 요인을 파악하는 것이다.

자료 및 방법

1. 임업생산비 통계

본 연구에서 대상품목은 밤이며, 2007년부터 2014년까지 7년간 조사된 임산물생산비 통계자료를 이용하였다. 임산물생산비 통계작성을 위한 표본 수는 250임가이고 표본수는 전체 밤나무 재배 12,411임가 중에서 일정규모 이상 경영하는 6,580임가를 대상으로 지역별 재배규모별로 층화추출하고 있다. 통계작성 기간은 전년도 수확 이후부터 당해 연도 수확시점까지 1년간이다(Table 1).

조사항목은 조성비, 비료비, 농약비, 영농광열비, 기타 재료비, 수선비, 감가상각비, 소농구비, 임차료, 노동비, 위탁영농비, 자동차비, 토지용역비, 자본용역비 등 14개 항

Table 1. The number of sample household for making statistics.

	Total number of household	Number of population	Number of sampling survey
No. of household	12,411	6,580	250

Table 2. Basic statistics data for analysis of technical efficiency.

	unit	year							
		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	
Input	Site development cost	1,000 won/ha	324	152	322	329	236	241	244
	Fertilizer cost	1,000 won/ha	333	495	420	349	306	296	393
	Maintenance cost	1,000 won/ha	347	664	494	398	400	434	449
	Hired labor cost	1,000 won/ha	393	431	334	363	347	431	582
	The total	1,000 won/ha	1,397	1,742	1,570	1,439	1,289	1,402	1,668
Output	Production	kg/ha	1,568	1,745	1,534	1,270	1,047	1,258	1,488
Gross income		1,000 won/ha	2,103	2,733	2,270	2,465	2,386	2,625	3,117
Net income		1,000 won/ha	706	991	700	1,026	1,097	1,223	1,449
Market price		won/kg	5,016	4,670	5,328	5,768	6,932	8,058	7,264

목으로 단위당 투입요소이고 산출요소는 단위면적당 생산량이다. 여기서 노동비는 자가노동비를 제외한 고용노동비만 고려하였고 간접생산비인 토지용역비와 자본용역비는 제외하였다. 투입요소는 재배기술의 투입비중을 고려하여 조성비, 비료비, 고용노동비, 관리비 등 4개 항목으로 재분류하였다.

여기서 조성비는 해당 품목을 생산하기 위해 투입된 비용으로 재배지 조성 이후 첫 수확 전까지 모든 투입비용을 밤나무의 경제수령으로 나눈 값이며, 매년 추가적으로 실시된 보식 비용을 포함한다. 그리고 비료비는 퇴비 등 유기질과 무기질 비료구입비용 뿐만 아니라 농약비가 포함되어 있으며 관리비는 영농광열비, 기타 재료비, 수리비, 소농구비, 감가상각비, 임차료, 위탁영농비, 자동차비 등이다. 그리고 조수입은 당해연도 생산량과 시장가격을 합한 평가액과 부차적으로 얻어지는 부산물 평가액등을 포함하고 있다. 시장가격은 상품을 기준으로 한 평균가격이며 조수익과 시장가격은 투입비용과 생산량과 관계성을 분석하기 위한 자료로 이용하였다(Table 2).

2. 기술효율성 분석

기술효율성(Technical efficiency)의 측정은 일정량의 투입을 통해 최대의 산출을 얻거나 또는 일정량 산출을 위해 최소의 투입량에 대한 효율성을 측정하는 것으로서 측정방법을 자료포락 분석(Data Envelopment analysis; DEA)이라 부른다. DEA분석은 효율성 측정뿐만 아니라 비효율성의 원인을 분석하여 개선방향을 제시하는 위한 도구로 활용되고 있다. Fare et al.(1983)은 활용 가능한 투입과 산출정보가 제한되어 있을 경우 생산능력 측정을 위한 방법론으로 적극 권장하고 있으며 FAO(2000)의 전문가그룹회의에서는 국제적인 어획능력 측정을 위해 DEA 기법을 적극 권장하고 있다. Lee et al.(2006)은 DEA를 이용하여 1978년부터 2003년까지 단위당 어획량, 마력수, 어선수, 조업일수 등으로 우리나라 대형 선망어업의 어획능력을 측정하였다.

Farrell(1957)은 기술효율성을 Figure 1과 같이 등량도(isoquant diagram)를 이용하여 개념을 정의하였다. Figure 1은 투입량 1단위로 고정시킨 산출공간(output space)으로 X_1 은 1단위 산출하기 위해 사용된 첫 번째 투입요소의 사용량이고, X_2 는 두 번째 투입요소의 사용량이다. SS' 은 1단위로 고정된 생산가능집합 곡선으로 효율성 조건을 만족하는 집합이다.

여기서 원점 o에서부터 p를 통과하는 직선상에 놓여 있는 상태는 모두 산출량의 비율이 q와 동일하다. q는 p와 같은 투입량으로 p의 산출량의 oq/op 배를 생산하고 있다. 따라서 비율 oq/op 을 p의 기술효율성으로 정의할 수 있다. 이 비율은 p가 SS' 에 접근할수록 1에 가까워지고 멀어질수록 ∞ 에 가까워지는 특성을 갖는다. 즉, $1 \leq oq/op \leq \infty$

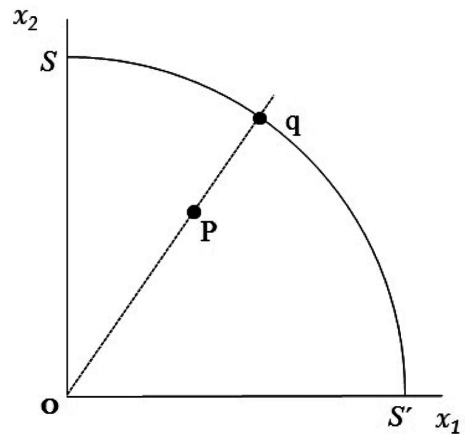


Figure 1. The maximum production possibility set curve by Farrell.

를 만족한다. 본 연구에서는 상대적 기술효율성을 평가하는 방법으로 Fare et al.(1988, 1994)이 제시한 산출방향 BCC 모델(output-oriented BCC model)은 활용하였으며 모델은 식 1과 같으며 일정량의 투입비용을 통해 최대 생산가능량을 추정할 수 있다.

$$\text{Maximize } \phi \tag{1}$$

Subject to

$$x_{jm} \geq \sum_{j=1}^J x_{jn} \lambda_j \quad n = 1, 2, \dots, N \tag{2}$$

$$\phi y_{jm} \leq \sum_{j=1}^J y_{jm} \lambda_j \quad m = 1, 2, \dots, M \tag{3}$$

$$\sum_{j=1}^J \lambda_j = 1 \tag{4}$$

$$\lambda_j \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, J \tag{5}$$

여기서 식 1의 ϕ 는 목적함수이고 투입요소를 이용하여 얼마만큼 밤 생산량을 더 증가시킬 수 있는지를 나타내는 평가값을 나타낸다. 그리고 식 2에서 x_{jn} 은 각 연도별(j)의 투입비용(n)을 나타내고 식 3에서 y_{jm} 은 연도별(j)의 생산량(m), λ_j 는 각 연도별 투입비용의 가중치를 의미하는 제약조건이다. 식 4는 규모에 따른 수확변동 즉, 투입량 증가에 따른 생산량의 증가를 말한다.

결과 및 고찰

1. 기술효율성 분석 결과

Figure 2는 주어진 실제 투입비용을 바탕으로 연도별 최대 생산가능량을 DEA기법을 이용하여 추정하였고, 실제 연도별 밤 생산량과 비교한 것이다. 2008년, 2009년, 2010년의 실제생산량과 최대 생산가능량은 각각 ha당 1,568

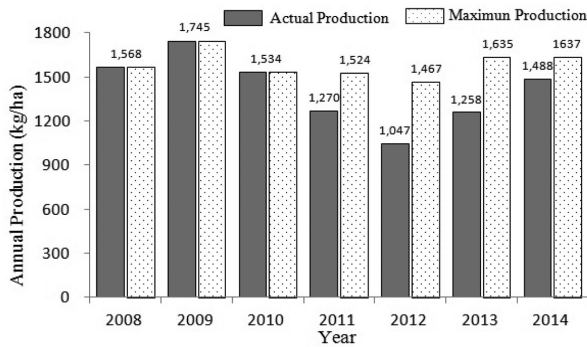


Figure 2. Comparison between the maximum possible production and actual production by year.

kg, 1,745 kg, 1,534 kg로 동일하게 나타나 최대 생산가능량에 도달한 효율적인 상태로 나타났다. 2011년부터 2014년까지 실제생산량은 1,270 kg, 1,047 kg, 1,258 kg, 1,488 kg이었지만 최대 생산가능량은 1,524 kg, 1,467 kg, 1,635 kg, 1,637 kg로 분석되어 최대 생산가능량에 미치지 못하는 상태로 나타났다. 전체 7년간의 실제생산량을 비교해 볼 때, 2009년이 ha당 1,745 kg로 생산량이 가장 많았고 2012년은 1,047 kg로 생산량이 가장 적었다. 2012년은 2009년과 비교하여 생산량이 60%수준인 것으로 나타났다.

기술효율성은 실제 생산량을 DEA 분석결과로 나온 최대 생산가능량으로 나눈 값이 된다. 2008년부터 2010년까지는 Figure 3과 같이 기술효율성이 1.0로 나타났기 때문에 Figure 1에서의 최대 생산가능집합 SS'곡선 상에 놓여 있다고 볼 수 있다. 그러나 2011년부터 2014년까지의 생산능력지수는 각각 0.83, 0.71, 0.77, 0.91로 나타나 최대 생산가능 집합곡선 SS'에서 떨어진 상태로 상대적인 비효율성이 존재하고 있다. 연도별 기술효율성의 추세를 보면 2011년, 2012년까지 감소하다가 2013년부터 증가하는 추세를 나타내고 있다.

2. 기술효율성 증감의 요인 분석

투입비용과 연계된 최대 생산가능량이 어떤 이유로 증

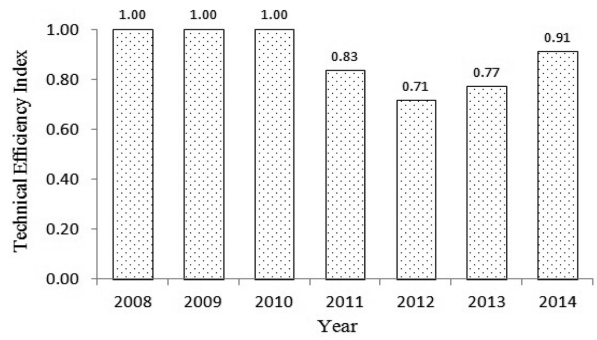


Figure 3. The result of technical efficiency for annual chestnut production.

가되었고 또는 감소되었는지를 파악하는 것은 전체 밭나무 재배임가의 경영여건을 진단하는데 매우 중요한 사항이 된다. 따라서 Table 2에서 제시된 투입비용, 생산량, 조수입, 순수입과 시장가격 등 5개 주요 경영진단 항목들의 상호관계성을 파악함으로써 기술효율성 증감의 원인을 분석하였다. 다만 통계분석을 위한 표본수(n=7)가 적기 때문에 비모수적 방법인 스피어만(spearman) 상관분석을 실시하였다.

우선 생산량과 시장가격은 $r = -0.821$ 로 높은 부(-)의 상관관계를 가지는 것으로 나타났다. 생산량이 증대되면 시장가격이 하락되었고 반대로 생산량이 감소하면 시장가격이 상승했다고 해석할 수 있다. 그리고 순수입과 시장가격은 $r = 0.821$ 로 높은 정(+)의 상관관계가 있는 것으로 분석되어 시장가격 상승이 순수입 증가에 상당한 영향을 미쳤다고 판단할 수 있다. 따라서 기술효율성 증감의 요인은 생산량과 시장가격의 관계에 의해 조절되고 있으며 시장가격은 생산량을 결정하는 중요한 척도가 되고 있다고 판단된다. 본 연구에서는 제시되지 않았지만 피어슨(pearson)상관분석을 통한 투입비용과 생산량의 상관관계는 0.808 ($p < 0.05$)로 매우 높게 나타나고 있다. 실제로 Table 2와 같이 2010년, 2011년, 2012년은 투입비용이 감

Table 3. Correlation analysis of management index factors.

		Production	Input Cost	Gross income	Net income	Market Price
Production	r	1				
	p-value					
Input cost	r	0.607	1			
	p-value	0.148				
Gross income	r	-0.035	0.642	1		
	p-value	0.939	0.119			
Net income	r	-0.067	-0.035	0.714	1	
	p-value	0.148	0.939	0.071		
Market price	r	-0.821*	-0.285	0.357	0.821*	1
	p-value	0.023	0.534	0.431	0.023	

$p^* < 0.05$

소되었고 그에 따른 생산량이 감소한 것으로 나타났다. 그리고 2013년, 2014년은 투입비용이 증가되어 생산량을 증대된 것을 확인할 수 있다. 그러므로 기술효율성 증감의 근본적인 원인은 밤나무 재배 임가의 투입비용을 조절하고 있다는 것이다.

3. 최대 생산가능량 수준의 추정

앞에서 서술된 바와 같이 생산량의 증감이 시장가격과 관련성이 높기 때문에 최적 생산량을 측정하기 위해서는 기술효율성과 가격효율성을 동시에 고려해야 한다. 그러나 가격효율성 분석은 현실적으로 많은 정보와 자료가 요구되기 때문에 본 연구에서는 적용하지 못하였다. 그래서 최대 생산가능량 수준에 도달하여 기술효율성이 높은 연도와 당해년도 시장가격이 하락하는 시점을 최대 생산가능량 수준으로 결정하였다.

우선 연도별 시장가격과 생산량의 7년간 추세는 Figure 4와 같으며 최대 생산가능량과 가격의 하락이 발생하는 연도는 2009년도 ha당 1,745 kg을 생산하여 가장 많은 생산량을 보였지만 그 해 시장가격은 4,670원으로 전년도 대비하여 하락하였기 때문에 최대 생산가능량의 상한수준이 1,745 kg으로 나타났다. 그리고 2014년은 1,488 kg을 생산하여 두 번째로 많은 생산량을 보였지만 마찬가지로 그 해 시장가격은 7,264원으로 전년도와 비교하여 하락한 것으로 보이며, 최대 생산가능량의 하한 수준이 1,448 kg으로 나타났다. 따라서 기술효율성이 1.00으로서 일정량의 투입을 통한 최대 생산량을 가지는 연도는 Figure 3과 같이 2008년, 2009년, 2010년이고 시장가격 하락이 발생한 연도는 2009년, 2014년이었기 때문에 최대 생산가능량의 하한과 상한 수준이 1,488 kg와 1,745 kg 사이에 있다.

따라서 이 두 가지 조건에 모두 해당되는 2008년, 2009년, 2010년, 2014년도의 4년간 평균치가 최대 생산가능량 수준으로서 단위 면적당 1,584 kg가 된다. 이때 투입되는 전체비용은 단위면적당 1,594원이며 관리비가 ha당 489

Table 4. Estimation on the level of maximum available production.

	Unit	Amount	Ratio
Site development cost	1,000 won/ha	261	16
Fertilizer cost	1,000 won/ha	410	26
Maintenance cost	1,000 won/ha	489	31
Hired labor cost	1,000 won/ha	435	27
The total	1,000 won/ha	1,594	100
Production	kg/ha	1,584	

천원으로 31%, 고용노동비가 435천원으로 27%, 비료비가 410천원으로 27% 그리고 조성비가 261천원인 것으로 나타났다.

결론

임산물생산비 통계자료의 단위 면적당 투입비용과 생산량을 이용하여 2008년부터 2014년까지 7년간 연도별 생산 기술효율성에 대하여 평가하였다. 2008년, 2009년, 2010년의 실제생산량과 최대 생산가능량이 동일하게 나타났다 2011년부터 2014년까지는 실제생산량이 최대 생산가능량에 미치지 못하였지만 2013년 이후부터는 지속적으로 실제생산량이 증가하고 있는 것으로 분석되었다. 따라서 2008년, 2009년, 2010년은 기술효율성이 1.0로 높았지만, 2011년부터 2014년은 각각 0.83, 0.71, 0.77, 0.91로 평가되었다. 그리고 투입비용, 생산량, 조수입, 순수입과 시장가격 등의 상호관계성을 통해 기술효율성의 증감요인을 평가 해 본 결과, 생산량과 시장가격은 $r = -0.821$ 로 높은 부(-)의 상관관계를 가지고 순수입과 시장가격은 $r = 0.821$ 로 높은 정(+)의 상관관계가 있는 것으로 분석되었다. 즉, 생산량이 일정수준까지 증가하면 시장가격이 하락되었고 반대로 생산량이 감소하면 시장가격이 상승하는 추세를 나타냈다. 그리고 시장가격이 높을수록 순수입 증가에 영향을 미치는 것으로 분석되었다.

기술효율성의 증감은 생산량과 시장가격의 영향으로 판단하고 있으며, 시장가격의 상승은 투입비용을 증가시켜 생산량을 증대시키고, 시장가격의 하락은 투입비용을 감소시켜 생산량을 감소시킨다는 것이다. 따라서 기술효율성 증감의 근본적인 원인은 밤나무 재배 임가들이 시장가격의 변동에 따라 투입비용의 조절을 통하여 생산량을 감소 또는 증대시킨다는 것이다. 그러므로 기술효율성은 일정량의 투입을 통해 달성한 최대 생산가능량이기 때문에 실제 생산량이 최대 생산가능량에 도달했거나 근접해 있다면 당해 연도 시장가격이 하락하는 시점에 있다고 할 수 있다.

따라서 본 연구결과인 기술효율성 분석을 통해 현재의

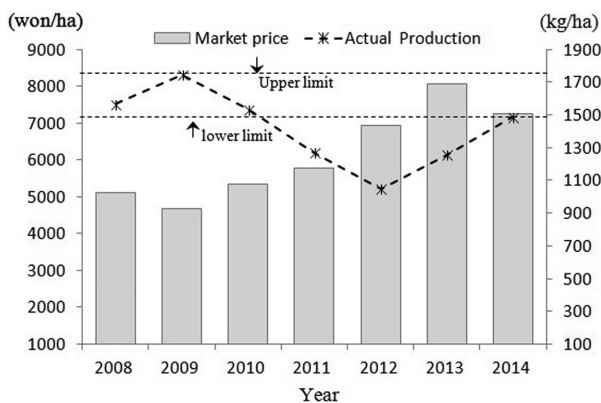


Figure 4. The level of upper and lower limit of maximum available Actual Production.

경영여건을 파악할 수 있는 기준이 될 수 있다고 판단되며, 향후 통계자료가 지속적으로 구축이 된다면 미래 경영여건도 예측이 가능하다고 사료된다. 그리고 생산 효율성은 시장가격과 관련성이 높기 때문에 일정량의 투입비용을 통해 최적의 생산량을 산출하기 위해서는 기술효율성과 가격효율성을 동시에 고려해야 한다고 사료된다.

References

- FAO. 2004. Measuring and Assessing Capacity in Fisheries. Basic Concepts and Management Options. FAO Fisheries 433(1).
- Farrell, M.J. 1957. The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of Royal Statistical Society* 120(3): 390-397.
- Fare, R., and Grosskopf, S. 1983. Measuring Output Efficiency. *European Journal of Operational Research* 13: 173-179.
- Fare, R., Grosskopf, S., and Njinku, D. 1988. On Piecewise Reference Technologies. *Management Science* 34(12): 1507-1511.
- Fare, R., Grosskopf, S., and Lovell, C.A.K. 1994. *Production Frontiers*. University Press. Cambridge England.
- KFS(Korea Forest Service). 2009. Forestry Production Cost Survey Report in 2008. (in Korean)
- KFS(Korea Forest Service). 2010. Forestry Production Cost Survey Report in 2009. (in Korean)
- KFS(Korea Forest Service). 2011. Forestry Production Cost Survey Report in 2010. (in Korean)
- KFS(Korea Forest Service). 2012. Forestry Production Cost Survey Report in 2011. (in Korean)
- KFS(Korea Forest Service). 2013. Forestry Production Cost Survey Report in 2012. (in Korean)
- KFS(Korea Forest Service). 2014. Forestry Production Cost Survey Report in 2013. (in Korean)
- KFS(Korea Forest Service). 2015. Forestry Production Cost Survey Report in 2014. (in Korean)
- KFS(Korea Forest Service). 2015a. Production of Forest Products. (in Korean)
- KFS(Korea Forest Service). 2015b. Statistical Yearbook of Forestry. (in Korean)
- Kim, S.H., Choi, T.S., and Lee, D.W. 2007. Efficiency Analysis. *Seoul Economic and Management*. 81-87pp. (in Korean)
- Lee, S.J. and Kim, D.H. 2006. A study on the Measurement of fishing capacity and Determination of Its Reduction Levels. *Ocean and Research* 28(4): 439-449. (in Korean)
- Koopmans, T.C. 1951, *An Analysis of production as a Efficient Combination of Activities*. Wiley, New York. 33-97pp.

(Received: March 21, 2016; Accepted: June 2, 2016)