

제주 노지감귤 생산요소 수요 분석 및 규모의 경제성 평가

양성준*, 송철호*, 김배성*

*제주대학교 일반대학원 농업경제학과

e-mail:jejuysj96@naver.com

An Analysis of Jeju Field Citrus Production Factor Demand Structure and Estimation of Economies of Scale

Seong-Jun Yang*, Cheol-Ho Song*, Bae-Sung Kim*

*Dept. of Agricultural Economics, Graduated School of Jeju National University

요 약

본 논문에서는 제주지역 노지감귤 산업의 생산요소 수요구조와 규모의 경제성을 평가하기 위해 초월대수 비용함수를 적용한 실증분석을 수행하였다. 분석에 사용된 자료는 2016~2023년 농촌진흥청 「농산물소득자료 원자료」이며, 생산요소는 노동(L), 자본(K), 중간투입재(I)로 구분하였다. 비용함수와 비용점유율 방정식은 외견상무관회귀모형을 통해 추정하였고, 추정된 파라미터를 바탕으로 탄력성을 계측한 결과, 자기가격탄력성은 모든 생산요소에서 음(-)의 부호를, 알렌의 편대체탄력성은 모두 양(+)의 부호로 나타나 세 생산요소 간 모두 대체관계가 있는 것으로 분석되었다. 연도별 비용탄력성 분석 결과 모든 연도에서 탄력성 절댓값이 1 미만으로 나타나 규모의 경제성이 존재함을 확인하였으며, 추세변화를 고려한 비용탄력성은 2016년을 제외하고는 모두 양(+)의 부호로 나타나 기술진보가 비용절감으로 이어지지 못하는 즉, 생산과정 상 비효율성이 존재하는 것으로 나타났다. 본 연구 결과는 노지감귤 산업의 비용 구조와 생산요소 간 대체가능성을 실증적으로 규명하였다는 점에서 의미가 있으며, 향후 제주 감귤농가의 경영비 절감을 위한 정책수립에 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

2. 실증분석 개요 및 분석자료

1. 서론

제주 노지감귤 생산량은 2023년 기준 40만 5,585톤으로 전체 감귤 생산량의 약 70%를 차지하며, 단일품목 조수입은 633,398백만원으로 제주 농산물 전체 조수입의 약 28%를 차지하는 등 제주지역 농산물 조수입 기여도가 높은 핵심품목이다. 그러나 최근 농가 고령화에 따른 노동력 부족, 농자재 비용 상승, 소비자 선호 감소 등으로 제주 노지감귤 재배면적 및 농가는 지속적으로 감소하는 추세이며 소득감소 위기에 직면해 있는 실정이다. 그동안 노지감귤 산업 전반에 대한 다각도의 연구가 이루어졌으나, 선행연구 검토결과 노지감귤을 대상으로 생산요소 수요구조를 분석하거나 감귤 농가의 규모의 경제성을 평가한 연구는 전무한 것으로 나타났다. 이에 본 연구에서는 생산요소 수요구조 분석에 주로 사용되는 초월대수비용함수를 활용하여 노지감귤 비용함수를 추정하고, 생산요소 간 수요구조 분석을 통해 요소 간 대체 가능성을 확인하고자 하였다. 또한 연도별 비용탄력성 계측을 통해 규모의 경제성을 평가하여 향후 노지감귤 산업의 경영비 및 생산비 절감을 위한 정책적 시사점을 제시하고자 하였다.

2.1 초월대수비용함수

비용함수란 주어진 생산요소 가격조건 하에서 목표 생산량을 최소의 비용으로 생산할 때 지불해야 하는 비용을 생산요소 가격과 목표 생산량의 함수로 나타낸 것을 의미한다. 실증분석에 있어 구체적인 함수 형태를 설정하는 것이 중요하며, 분석자에 따라 다양한 함수 형태가 고려될 수 있다.

전통적으로는 콥-더글라스 함수형태나 고정대체탄력성(CES)함수가 주로 활용되었으나, 이러한 함수는 대체탄력성 불변이라는 강한 제약을 내포하는 한계가 있다. 이에 보다 유연한 함수 형태에 대한 연구가 시행된 결과 개발된 모형이 일반화된 레온티에프 모형이나 초월대수 함수 등이라고 할 수 있다. 특히 초월대수 함수는 알려져 있지 않은 어떠한 비용함수에 대해서도 2계 미분이 가능하다면 2차 테일러 전개를 통해 근사치가 될 수 있으며, 동조성이나 중립성, 규모수익불변 등의 가정이 필요하지 않다는 장점이 있어 주로 활용된다.

한편, Christensen 외(1976)는 비용함수의 초월대수 2차 근사치가 적용된 기본 형태와 더불어 함수 자체 이동을 나타내는 추

세변수를 포함한 다음과 같은 비용함수를 설정하였다.

$$\begin{aligned}\ln C &= \ln C(P, Q, t) \\ &= \alpha_0 + \alpha_Q \ln Q + \frac{1}{2} \alpha_{QQ} (\ln Q)^2 \\ &\quad + \sum_i \beta_i \ln P_i + \frac{1}{2} \sum_i \sum_j \gamma_{ij} \ln P_i \ln P_j \\ &\quad + \sum_i \gamma_{iQ} \ln Q \ln P_i + \gamma_{it} t + \frac{1}{2} \gamma_{tt} t^2 + \sum_i \gamma_{ti} t \ln P_i\end{aligned}$$

이를 각 생산요소의 가격으로 대수 편미분한 식에 셰파드 소정리를 통해 비용 최소화 생산요소 수요량을 대입하면 다음과 같은 비용점유율 방정식이 도출된다. 여기서 S_i 는 생산요소 i 의 요소 소득이 총비용에서 차지하는 비중을 나타낸다.

$$\frac{\partial \ln C}{\partial \ln P_i} = \frac{X_i P_i}{C} = S_i = \beta_i + \sum_j \gamma_{ij} \ln P_j + \gamma_{iQ} \ln Q + \gamma_{it} t$$

$$i, j = L, K, I$$

이러한 초월대수비용함수를 추정하기 위해서는 1차 동차성 및 대칭성 조건 등 제약조건을 추가적으로 부과하여야 한다. 1차 동차성 조건은 모든 생산요소 가격을 일정 비율로 증가시킬 때 비용도 일정 비율로 증가한다는 조건을 나타내며, 대칭성 조건은 생산요소 가격 변수들의 곱 파라미터가 대칭관계가 성립하여야 한다는 조건을 의미한다. 이러한 파라미터 제약이 만족될 경우 함수 추정을 통해 생산요소 간 대체성 분석이 가능하게 된다.

한편, 초월대수비용함수를 추정할 때는 통상최소자승법(OLS)을 활용한 단일방정식으로 추정하기도 하나, 연립방정식 추정을 하는 것이 일반적이다. 특히 초월대수비용함수는 Zeller(1962)에 의해 제안된 외건상무관회귀모형(SUR)이 주로 활용된다. 또한 초월대수비용함수는 분석목적에 따라 원래 비용함수와 비용점유율 함수를 연립추정하기도 하는데, 이러한 경우 보다 많은 자유도를 확보할 수 있고, 파라미터 추정치의 효율성이 증가한다는 장점이 있다.

최종적으로 본 논문에서 노지감골의 생산요소(노동·자본·중간투입재) 간 대체성을 분석하기 위한 비용함수와 비용점유율 방정식을 결합한 형태는 다음과 같다. 이는 앞서 설명한 초월대수비용함수 형태에 제약조건을 부과한 것이며, 비용함수는 각 생산요소 가격 및 특정 생산요소 가격의 상대적인 비율의 함수로 정의된다.

$$\begin{aligned}\ln \frac{C}{P_I} &= \alpha_0 + \alpha_Q \ln Q + \frac{1}{2} \alpha_{QQ} (\ln Q)^2 \\ &\quad + \beta_L \ln \frac{P_L}{P_I} + \beta_K \ln \frac{P_K}{P_I} + \frac{1}{2} \beta_{LL} (\ln \frac{P_L}{P_I})^2 \\ &\quad + \beta_{LK} \ln \frac{P_L}{P_I} \ln \frac{P_K}{P_I} + \frac{1}{2} \beta_{KK} (\ln \frac{P_K}{P_I})^2 \\ &\quad + \gamma_{LQ} \ln Q \ln \frac{P_L}{P_I} + \gamma_{KQ} \ln Q \ln \frac{P_K}{P_I} \\ &\quad + \gamma_{tL} t \ln \frac{P_L}{P_I} + \gamma_{tK} t \ln \frac{P_K}{P_I} + \gamma_Q t \ln Q\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}S_L &= \frac{\partial \ln C}{\partial \ln P_L} = \beta_L + \gamma_{LL} \ln \frac{P_L}{P_I} + \gamma_{LK} \ln \frac{P_K}{P_I} + \gamma_{LQ} \ln Q + \gamma_{tL} t \\ S_K &= \frac{\partial \ln C}{\partial \ln P_K} = \beta_K + \gamma_{LK} \ln \frac{P_L}{P_I} + \gamma_{KK} \ln \frac{P_K}{P_I} + \gamma_{KQ} \ln Q + \gamma_{tK} t\end{aligned}$$

2.2 생산요소 탄력성 계측

생산요소의 대체탄력성이란 생산함수의 기술적 특성을 나타내는 지표로, 등량곡선 상 어느 한 요소를 다른 생산요소로 대체할 수 있는 정도를 탄력성의 개념으로 표현한 것을 말한다. Hicks(1932)는 생산요소가 2가지인 경우 두 생산요소 간 대체 정도를 나타내는 대체탄력성은 생산량이 일정하다는 전제로 두 요소의 한계 생산성 비율의 변화율에 대한 두 요소의 결합비율의 변화율의 비로 정의하였다.

생산요소가 2가지 이상인 경우 대체탄력성은 여러 가지 상이한 정의가 있으나, Allen(1938)은 생산요소가 n 가지 일 때, 두 요소 x_i 와 x_j 의 편대체탄력성은 다음과 같이 정의하였다. 여기서 $|\bar{F}|$ 는 생산함수의 유틸리티 행렬식, $|\bar{F}_{ij}|$ 은 유틸리티 행렬의 f_{ij} 원소의 여인수를 의미한다.

$$\sigma_{ij}^A = \frac{\sum_{k=1}^n x_k f_k}{x_i x_j} \cdot \frac{|\bar{F}_{ij}|}{|\bar{F}|}$$

$$i, j = 1, 2, \dots, n \quad i \neq j$$

알렌의 편대체탄력성은 행렬 $|\bar{F}|$ 가 대칭적인 형태이므로 $|\bar{F}_{ij}| = |\bar{F}_{ji}|$ 이 되고, $\sigma_{ij}^A = \sigma_{ji}^A$ 가 되며, 탄력성은 양(+) 또는 음(-)의 값을 가질 수 있는데, 탄력성 부호가 양(+)인 경우 두 요소는 대체재라고 하며, 음(-)인 경우 보완재라고 한다. 또한 알렌의 편대체탄력성은 비용함수 추정을 통해 얻은 파라미터를 통해서도 계측될 수 있으며, 여기서 탄력성은 파라미터 및 비용점유율의 선형관계로써 수식은 다음과 같다.

$$\begin{aligned}\sigma_{ij}^A &= \frac{1}{S_i S_j} \beta_{ij} + 1 \\ \sigma_{ii} &= \frac{1}{S_i^2} (\beta_{ii} + S_i^2 - S_i)\end{aligned}$$

요소 수요의 자기가격 탄력성은 어떤 생산요소 x_i 의 가격 변화율에 대한 수요변화율을 의미하며, 즉 요소 가격이 1% 상승하였을 때 수요량이 몇 % 증가 혹은 감소하는지를 나타내는 지표로 의미하고, 요소 수요의 교차가격 탄력성은 j 요소 가격변화율에 대한 i 요소 수요 변화율을 나타내는 지표이다. 요소 수요의 자기가격 탄력성과 교차가격 탄력성은 다음과 같이 대체 탄력성에 비용점유율을 곱함으로써 쉽게 유도되는데, 교차가격탄력성의 부호가 양(+)이면 두 요소는 대체관계가 있음을 의미하고, 음(-)인 경우 두 요소는 보완관계가 있음을 의미한다.

$$\eta_{ij} = \sigma_{ij}^A \cdot S_j = \frac{\beta_{ij}}{S_i} + S_j$$

$$\eta_{ii} = \sigma_{ii}^A \cdot S_i = \frac{\beta_{ii}}{S_i} + S_i - 1$$

2.3 분석자료

노지감굴 비용함수 추정을 위해 농촌진흥청의 「농산물소득자료」 2016~2023년 원자료를 이용하였다. 농산물소득조사는 지역별 및 작물별 소득을 조사·분석하여 농업경영 진단 및 설계 등 농가 소득 증대를 위한 경영개선 연구·지도의 기초자료로 활용되는 자료이다. 이는 노지감굴 재배농가의 경영상태를 파악할 수 있는 유일한 공식통계이나, 원자료 상 생산비목별 비용과 투입량에 대한 정보만 알 수 있으므로, 농가별 생산요소 가격은 한재환 외(2013)와 유리나 외(2015)의 방식을 참조하여 추정하였다.

노동가격은 자가노동비 및 고용노동비를 각각 자가노동시간과 고용노동시간으로 나누어 측정하였고, 자본 가격은 고정자본용역비, 이동자본용역비, 토지자본용역비, 대농기구상각비, 영농시설상각비의 합을 해당 재배면적으로 나누어 측정하였으며, 중간투입재 가격은 비료비(유기질·무기질)와 농약비(살충제·살균제·제초제)를 각각의 투입량으로 나누어 측정하였다. 분석에 이용된 자료는 모두 10a 기준이며, 모든 비용은 생산자물가지수로 실질화(2020=100)하였다.

3. 분석 결과

비용함수 및 비용점유율 방정식 추정 결과를 바탕으로 계측한 생산요소 간 알렌의 편대체탄력성 분석결과는 다음과 같다. 먼저 비용함수의 전역적 오목성(global concavity)의 조건을 만족하기 위해서는 생산요소의 자기편대체탄력성의 부호가 음(-)으로 나타나야 하는데, 노동, 자본, 중간투입재의 자기편대체탄력성(σ_{ii})은 각각 -0.7504, -1.4789, -1.1055로 모두 음(-)으로 나타나 오목성의 조건을 충족하고 있음을 알 수 있다. 한

편, 노동-자본($\sigma_{LK}=\sigma_{KL}$) 대체탄력성은 0.6179, 노동-중간투입재($\sigma_{LI}=\sigma_{IL}$) 대체탄력성은 0.3337, 자본-중간투입재($\sigma_{KI}=\sigma_{IK}$) 대체탄력성은 0.6889로 모두 양(+)으로 나타나 세 생산요소들이 모두 대체 관계에 있는 것으로 분석되었다.

[표 1] 생산요소별 알렌 편대체탄력성 계측 결과

σ_{ij}	탄력성	σ_{ij}	탄력성	σ_{ij}	탄력성
σ_{LL}	-0.7504	σ_{KL}	0.6179	σ_{IL}	0.3337
σ_{LK}	0.6179	σ_{KK}	-1.4789	σ_{IK}	0.6889
σ_{LI}	0.3337	σ_{KI}	0.6889	σ_{II}	-1.1055

생산요소별 교차 및 자기 가격탄력성 계측 결과는 다음과 같다. 먼저 자기가격탄력성(η_{ii})을 살펴보면 노동, 자본, 중간투입재 모두 음(-)의 값을 보이나, 노동(-0.2190), 자본(-0.4512), 중간투입재(-0.3395) 가격탄력성의 절댓값이 모두 1보다 작아 매우 비탄력적으로 나타났는데, 이는 요소 가격이 상승하더라도 수요량은 지속적으로 유지되고 있음을 의미한다. 다만, 자본 가격탄력성의 절댓값이 가장 크게 분석된 바, 이는 자본이 노동, 중간투입재에 비해 가격 상승에 대한 수요량 변화가 상대적으로 큼을 의미한다.

교차가격탄력성을 살펴보면 알렌의 편대체탄력성 계측결과와 동일하게 노동-자본, 노동-중간투입재, 자본-중간투입재 모두 양(+)으로 나타나 생산요소 간 대체 관계가 있음을 알 수 있다. 한편, η_{LK} (0.1885) 보다 η_{KL} (0.2396)이 더 크게 나타났는데, 이는 자본 가격이 상승할 경우 자본에서 노동으로의 대체가 이루어질 수 있음을 의미하고, 마찬가지로 η_{LI} (0.2116)가 η_{IL} (0.1294) 보다 크게 나타난 것은 노동가격 상승 시 노동에서 중간투입재로의 대체가 이루어질 수 있음을 의미하며, η_{KI} (0.2116)은 η_{IK} (0.2102) 보다 커 자본가격 상승 시 자본에서 중간투입재로의 대체가 이루어질 수 있음을 의미한다. 다만 생산요소 간 교차가격탄력성이 모두 단위탄력적임을 의미하는 1보다 작으므로 매우 비탄력적인 것으로 나타났으며, 이러한 결과는 분석결과 상으로는 3가지 생산요소가 모두 대체 관계가 있으나 실제로 대체 가능성은 낮은 것으로 판단된다.

[표 2] 생산요소별 자기 및 교차가격탄력성 계측 결과

η_{ij}	탄력성	η_{ij}	탄력성	η_{ij}	탄력성
η_{LL}	-0.2190	η_{KL}	0.2396	η_{IL}	0.1294
η_{LK}	0.1885	η_{KK}	-0.4512	η_{IK}	0.2102
η_{LI}	0.2116	η_{KI}	0.2116	η_{II}	-0.3395

규모의 경제의 일반적인 의미는 생산량이 증가할수록 평균비용이 감소하는 현상이나, 비용함수로부터 유도되는 규모의 경제는 생산요소 가격이 고정되어 있다는 가정하에 생산량 확대에 따른

비용최소화가 달성되는 확장선을 나타내는 생산량 및 비용 간의 관계를 의미한다. 규모의 경제성 계측은 생산함수 및 비용함수 추정을 통해 이루어질 수 있으나, 일반적으로는 비용함수를 이용하며, 그 중에서도 초월대수비용함수가 많이 활용된다.

규모의 경제성을 평가하기 위해서는 먼저 비용탄력성(Cost Elasticity)을 정의할 필요가 있다. 생산량에 대한 비용탄력성이란 생산량을 1% 증가시켰을 때 발생하는 비용의 변화율을 의미하며, 다음과 같이 생산요소 가격과 생산량, 추세변수의 함수로 구성된다.

$$\epsilon_{CQ} = \frac{\Delta C}{C} / \frac{\Delta Q}{Q} = \frac{\partial \ln C}{\partial \ln Q} = \alpha_Q + \alpha_{QQ} \ln Q + \sum_i \gamma_{Qi} \ln P_i + \gamma_{tQ} t$$

규모의 경제(SCE)는 1에서 비용탄력성(ϵ_{CQ})을 빼줌으로써 계측되며, SCE가 양(+)의 값을 가지면 규모의 경제, 음(-)의 값을 가지면 규모의 불경제가 있다고 평가한다.

앞서 추정한 비용함수의 계수 추정치를 토대로 연도별 규모의 경제성을 계측한 결과는 다음과 같다. 분석 결과, 2016년부터 2023년까지 SCE가 모두 양(+)으로 나타나 규모의 경제성이 존재한다고 판단할 수 있다.

[표 3] 노지감귤 연도별 규모의 경제성

연도	ϵ_{CQ}	SCE
2016	0.861	0.139
2017	0.705	0.295
2018	0.711	0.289
2019	0.721	0.279
2020	0.715	0.285
2021	0.707	0.293
2022	0.699	0.301
2023	0.728	0.272
평균	0.729	0.271

앞서 비용함수의 추정치로부터 비용탄력성과 규모의 경제성을 계측한 방식과 동일하게 추세변수(t)를 포함한 비용함수의 경우에 대해서는 다음과 같이 시간의 변화에 대한 비용탄력성을 계측할 수 있다. 한편, 이때의 추세변수는 기술 진보를 측정하기 위한 대리변수로 해석될 수 있다.

$$\epsilon_{CT} = \frac{\partial \ln C}{\partial T} = \gamma_t + \gamma_{tt} t + \sum_i \gamma_{ti} \ln P_i + \gamma_{tQ} \ln Q$$

시간변화에 따른 연도별 비용탄력성을 계측한 결과는 다음과 같다. 전 기간 평균은 0.152이고, -0.006인 2016년을 제외하면 모두 양(+)으로 나타났으며, 해마다 증가하는 양상을 보인다. 이는 2016년까지는 시간이 지남에 따라 기술 진보가 비용을 하락시키는 요인으로 작용하고 있었으나, 2017년 이후부터는 오히려 기술 진보가 비용을 상승시키는 요인으로 작용함을 의미하는데, 이는 비효율적 외부효과가 작용하고 있음을 나타내며, 생산과정 상

비효율성이 존재하는 것을 의미한다.

[표 4] 추세변화를 고려한 연도별 노지감귤 연도별 비용탄력성

연도	ϵ_{CT}
2016	-0.006
2017	0.024
2018	0.076
2019	0.132
2020	0.177
2021	0.223
2022	0.261
2023	0.302
평균	0.152

참고문헌

- [1] 박선영 외, “초월대수 비용함수를 이용한 하수도 부문의 경제성 평가”, 국토연구, 제 74권, pp. 35-46, 9월, 2012년.
- [2] 박승록, “창조경제에서 정보통신기술의 활용과 일자리 창출 및 성장”, 한국생산성학회 생산성연구, 제 28권, 제 2호, pp. 51-86, 6월, 2014년.
- [3] 유리나 외, “단감의 생산요소 수요구조분석”, 한국산학기술학회논문지, 제 16권, 제 9호, pp. 5843-5849, 9월, 2015년.
- [4] 이형미 외, “고랭지 배추의 투입요소 수요 구조 분석”, 강원대학교 농업생명과학연구원 생명환경연구, 제 24권, 제 3호, pp. 25-34, 9월, 2012년.
- [5] 조현주 외, “초월대수비용함수 추정을 통한 IATTC 해역 원양연승어업의 생산요소 간 대체성 분석”, 한국해양수산개발원 해양정책연구, 제 34권, 제 2호, pp. 1-22, 12월, 2019년.
- [6] 최용재, “한국 제조업의 비용구조 분석과 요인분해”, 한국경제연구학회 한국경제연구, 제 28권, 제 1호, pp. 5-36, 3월, 2010년.
- [7] 한재환 외, “주요 원예농산물 경영실태 분석 및 생산비 절감 방안”, 한국농촌경제연구원 연구보고서, 2013년.