

농업기계 임대사업의 생산비 절감 효과 실증분석*

남경수** 서대석*** 안병일****

Keywords

밭농업(dry-field farming), 농업 기계화율(agricultural mechanization rate), 농업기계 임대사업(agricultural machinery rental policy), 비용 최소화(cost minimization)

Abstract

In recent years, agriculture has been suffering from a severe shortage of labor. Accordingly, the government is striving to increase the agricultural mechanization rate to solve the labor shortage and improve agricultural productivity. The most representative policy is the implementation of agricultural machinery rental system. In the dry-field farming, however, the mechanization rate is still low. Therefore, the government is looking for a way to improve the rate. This study proposes an improvement of the agricultural mechanization rate indicators. In addition, a method of analyzing production cost reduction according to the agricultural machinery rental policy is presented in this study.

As a result of the analysis, the mechanization rate of dry-field farming is estimated to be 50.1 to 58.9 percent. The average production cost reduction due to the policy is estimated to be from 520,000 to 530,000 won per hectare. Pepper is found to be the largest cost-reduction commodity as much as about 880,000 to 930,000 won, followed by potato (about 660,000 to 700,000 won) and cabbage (about 610,000 to 630,000 won).

차례

- 1. 서론
- 2. 밭농업 기계화율 평가지표
- 3. 농업기계 임대사업의 생산비 절감 효과 분석
- 4. 요약 및 결론

* 이 논문은 한국농촌경제연구원(2019)이 발간한 『농기계 임대사업 평가 및 컨설팅(2019) : 농기계임대사업 목적에 맞는 성과지표 발굴』의 일부 내용을 요약하고 논의를 덧붙여 작성한 것임.

** 한국농촌경제연구원 전문연구원, 주저자.

*** 한국농촌경제연구원 연구위원, 공동저자.

**** 고려대학교 식품자원경제학과 교수, 교신저자. e-mail: ahn08@korea.ac.kr

1. 서론

정부는 고령화, 탈농 등 농촌 노동력 문제에 대한 대안이자 농업 생산성 향상을 위해 농업기계화를 주요 정책목표로 추진하고 있으며, 정부 주도의 농업기계 보급 정책을 추진함으로써 농업기계화가 진행되고 있는 상황이다(김정섭 외 2014; 장민기·이재현 2011; 박기환 외 2011). 농업·농촌에서의 농업기계화는 단순히 농업 노동력 대체 수단을 넘어 농업인의 삶의 질을 향상시키는 역할도 수행하고 있다. 다만, 농업의 특수성으로 인해 특정 농업기계 사용량이 연중 일정하지 않고 특정 계절 및 작업에 특화된 경우가 많다. 특히, 소규모 농가의 경우 높은 가격으로 인해 농업기계 구입에 대한 부담을 느끼고 있으며, 인건비는 상승하고 있어 생산비 부담이 증가하는 상황이다. 이러한 여건에서 정부가 시행 중인 농업기계 관련 제도는 농가의 노동력 문제를 해결하는 데 기여하고 있는 것으로 평가된다(최용 2015). 그중 농업기계 임대사업은 농업의 특수성을 고려한 제도로 소규모 농가뿐만 아니라 생산의 계절성이 존재하는 품목을 재배하는 농가에 큰 도움을 주고 있으며, 농업 기계화를 향상에도 기여하고 있는 것으로 판단된다. 농업기계 임대사업 관련 연구로 강창용 외(2012)는 농업기계 임대사업과 농업기계은행의 통합, 전략적 제휴 등을 통한 효율적 운영 방안을 제안하였고, 이중용 외(2014)는 주요 소득 작목에 대한 기계화 전략을 도출하였다. 그리고 농업기계 임대사업소의 효율적 운영을 위한 개선 방안을 제시한 연구로 홍순중 외(2012), 최용 외(2015), 신승엽 외(2016) 등이 있다. 농업기계 임대사업 및 농업기계화의 효과를 경제적인 측면에서 분석한 연구로 이규승 외(2016)는 주요 발작물의 농업기계 이용 현황을 파악하고 농업기계 이용 형태와 경영비의 상관관계를 분석하였다.

농촌진흥청(2018b) 『2017 농업기계 이용실태 조사』의 벼농사 기계화율은 2000년 87.2%에서 2011년 94.2%, 2017년 98.4%까지 상승하였으며, 밭농업 기계화율은 2000년 45.9%에서 2011년 55.7%, 2017년 60.2%로 상승한 것으로 나타났다. 다만, 밭농업의 경우, 경운·정지, 방제를 제외하면 여전히 기계화율이 매우 낮은 수준이라 할 수 있다. 밭농업은 재배작목과 작업공정이 다양하고 품목의 변동이 잦으며, 필지의 면적이 상대적으로 작고 분산되어 있기 때문에 기계화가 느리게 진행되고 있다(이중용 외 2014). 그뿐만 아니라, 전술한 밭농업의 특수성으로 인해 농가가 밭농업에 필요한 농업기계를 직접 구입하기에는 현실적 문제가 다수 존재한다. 그동안 농업 기계화율 향상은

농업 경영비 절감에 매우 중요한 역할을 수행하였으며, 고령화와 농업 노동력 부족을 해결하는 데 기여했다고 평가된다. 다만, 농업기계 임대사업을 수행하는 기관의 손실이 증가하고 특정 농업기계의 수요는 증가하는 반면 몇몇 농업기계의 운행 횟수는 매우 제한적인 문제점도 존재한다. 이는 밭작물의 기계화율이 농기계 및 작업 단계에 따라 매우 크게 차이가 나는 상황과 일맥상통하는 것이다. 따라서 생산 품목뿐만 아니라 작업 단계 등의 특성이 반영된 현실적 지표로 개선하여 활용성을 증대할 필요성이 존재한다.

본 연구에서는 현행 기계화율 지표를 보완하여 품목별 가중치와 함께 작업 단계별 가중치를 부여한 기계화율 지표를 제안하고자 한다. 이때 품목별 가중치 또한 재배면적뿐만 아니라 생산액, 생산량 기준으로 가중치를 부여하여 비교하였다. 농업기계 임대사업 시행은 농업기계의 평균 이용단가를 낮추고 이로 인해 농업기계가 노동력을 일부 대체할 것으로 예상된다. 따라서 본 연구는 농업기계화율을 활용하여 농업기계 임대사업으로 인한 농업기계의 이용단가 하락과 농업기계가 노동력을 대체함으로써 인해 발생하는 생산비 절감 효과를 분석하였다.

2. 밭농업 기계화율 평가지표

2.1. 밭농업 기계화율 평가지표 개발

현재 발표되는 밭농업 기계화율은 농촌진흥청에서 수행하는 『농업기계 이용실태 조사』의 결과이다. 농업기계 이용실태 조사는 층화집락다단계추출법을 통해 우선 150개 동/읍/면을 추출하고, 각 동/읍/면별 2개 마을, 마을에서 5개 가구를 추출하여 총 1,500개 표본 농가, 5개 농작업¹⁾, 8개 밭작물²⁾에 대해 조사를 실시하고 있다. 농작업 기계는 보행, 승용으로 나누어 조사하고 있으며, 품목의 영농주 연령별, 재배규모별 기계화율 등으로 매우 체계적이고 세밀한 조사가 이루어지고 있기 때문에 조사 결과에 대한 신뢰도 및 활용성이 매우 높은 것으로 판단된다. 다만, 밭작물별 기계화율을 계

1 5개 농작업: 경운정지, 파종·정식, 비닐피복, 방제, 수확

2 8개 품목: 콩, 감자, 고구마, 무, 배추, 마늘, 양파, 고추

산하는 과정에서 품목별 기계화율은 재배면적을 기준으로 가중평균하고 있으나, 5개 농작업별 기계화율은 단순히 산술평균으로 계산되고 있어, 농작업에 대한 특성이 반영되지 못하는 한계가 존재한다. 농업기계 사용은 특정 농작업에 따라 요구되는 농업기계가 다르고, 이에 따라 활용률도 매우 다르게 나타날 가능성이 크며, 농작업별 난이도와 노동 투입시간 등에서도 차이가 발생하므로 이에 대한 가중치가 부여되어야 한다. 또한, 현재 조사는 시행하고 있지만 종합적인 기계화율 계산에서 제외되어 있는 제초작업도 포함하여야 한다. 이를 통해 품목 및 작업단계별 기계화율 변화가 전체 밭농업 기계화율에 미치는 영향을 구분할 수 있으며, 이러한 영향의 크기와 중요도를 고려하여 보다 효율적인 정책을 수립할 수 있을 것으로 기대된다.

이를 위해 밭농업 기계화율은 품목의 특성에 따라 다르게 나타날 수 있기 때문에 품목별 가중치를 부여해야 한다. 품목별(i) 가중치(w)를 적용한 밭농업 기계화율(R)은 식 (1)과 같이 표현할 수 있다.

$$R = R_1w_1 + R_2w_2 + \dots + R_nw_n, \quad R = \sum_{i=1}^n R_iw_i, \quad \sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad (1)$$

여기서 R 은 밭농업 기계화율, R_i 는 i 품목의 밭농업 기계화율, w_i 는 i 품목에 대한 가중치로 밭업 기계화율에 활용한 품목(기준 품목)별 가중치의 합은 1이 된다. 이때 품목별 가중치는 $w_i = Q_i / \sum_{i=1}^n Q_i$ 로 표현되며, 생산 품목의 수량에 중점을 둔 생산량 비중, 작업량 및 시간에 비중을 둔 재배면적 기준, 생산량과 가격을 동시에 고려한 생산액 기준 등을 고려할 수 있다.

i 품목의 기계화율(R_i)은 해당 품목 생산의 주요 농작업 단계(생산단계)에 따라 기계화의 중요도 및 노동력 투입량, 비용 등이 다르게 나타날 수 있다. 따라서 생산단계별 가중치(α_{ij})를 고려한 i 품목의 기계화율(R_i)은 식 (2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$R_i = \alpha_{i1}R_{i1} + \alpha_{i2}R_{i2} + \dots + \alpha_{im}R_{im}, \quad R_i = \sum_{j=1}^m \alpha_{ij}R_{ij}, \quad \sum_{j=1}^m \alpha_{ij} = 1 \quad (2)$$

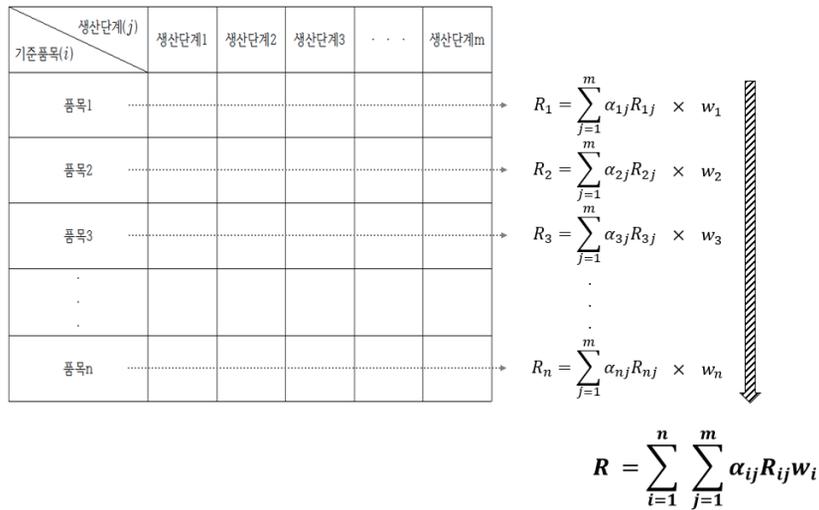
여기서 R_i 는 i 품목의 밭농업 기계화율, α_{ij} 는 i 품목의 생산단계 j 에 대한 가중치이다. i 품목의 생산단계별 가중치의 합은 1이 되며, 생산의 주요 농작업 단계별 가중치는 $\alpha_{ij} = T_{ij} / \sum_{j=1}^m T_{ij}$ 로 표현되며, 작업시간의 생산단계별 비중을 고려할 수 있다.

전술한 품목별 가중치와 생산단계별 가중치를 동시에 고려하여 식 (1)과 식 (2)를 재구성하면 식 (3)과 같이 표현할 수 있으며, 이때 가중치에 대한 제약조건(합산한 값이 1이 되어야 함)은 동일하다.

$$R = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \alpha_{ij} R_{ij} w_i, \quad \sum_{j=1}^m \alpha_{ij} = 1, \quad \sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad (3)$$

발농업 기계화율 성과지표의 설정 및 계산 방법을 그림으로 표현하면 <그림 1>과 같다.

그림 1. 발농업 기계화율 설정 및 계산 방법



2.2. 가중치 적용

품목별 가중치는 생산량, 재배면적, 생산액 등 기준에 따라 달라질 수 있다. 이에 따라 본 연구에서는 세 가지 기준을 모두 적용하여 가중치를 계산하였으며, 이를 이용하여 실증분석을 진행하였다. 가중치는 통계청의 2017년 기준 품목별 생산량, 재배면적, 생산액 자료를 활용하였으며, 품목은 주요 밭작물인 콩, 감자, 고구마, 무, 배추, 마늘, 양파, 고추를 대상으로 분석하였다. 가중치는 품목의 특성에 따라 상이하게 나타난다. 예를 들어 넓은 면적을 요구하는 품목, 생산물의 무게가 무거운 품목, 품목의 단가가 높은 품목에 따라 가중치가 다르게 나타나기 때문에 생산량(가중치1), 재배면적(가중치2), 생산액(가중치3) 등 가중치 적용 기준에 따라 품목별 가중치가 달라지는 것이다. 가

중치 적용 기준에 따른 품목별 가중치를 계산하여 <표 1>에 제시하였다. 생산량(가중치1)을 기준으로 가중치를 계산한 결과, 배추(0.391)가 가장 높았으며, 다음으로 무(0.189), 양파(0.187) 순이었다. 재배면적(가중치2)을 기준으로 할 경우에는 콩(0.206)이 가장 높았으며, 다음으로 고추(0.149), 배추(0.147) 순이었으며, 생산액(가중치3)을 기준으로 가중치를 적용하면 단가가 높은 고추(0.189)의 가중치가 가장 높았으며, 마늘(0.179), 양파(0.179) 순으로 가중치가 높게 계산되었다.

농작업별 가중치는 해당 농작업에 투입되는 노동시간으로 결정하였는데, 농작업의 경우 품목에 따라 투입시간이 다르며, 조사기관 및 조사 목적에 따라 농작업 분류 기준이 다르기 때문에 일정 자료를 통합하는 과정이 요구된다. 품목별 노동력 투입시간은 품목별 10개 이상의 농작업에 대한 노동력 투입시간을 제시하고 있으나, 품목별 밭농업 기계화율 자료는 농작업을 6단계(경운정지, 파종·정식, 비닐피복, 방제, 수확, 제초)로 구분하고 있다. 따라서 본 연구에서는 <그림 2>와 같이 다양한 농작업을 6단계로 통합하였다. 농작업을 6단계로 통합하여 품목별 노동시간을 계산한 결과는 <표 2>와 같다. 품목별로 차이는 있으나, 전반적으로 경운정지와 비닐피복, 방제, 제초에 투입되는 노동시간은 상대적으로 적고, 수확, 파종·정식에 투입되는 노동시간이 많은 것으로 나타났다.³

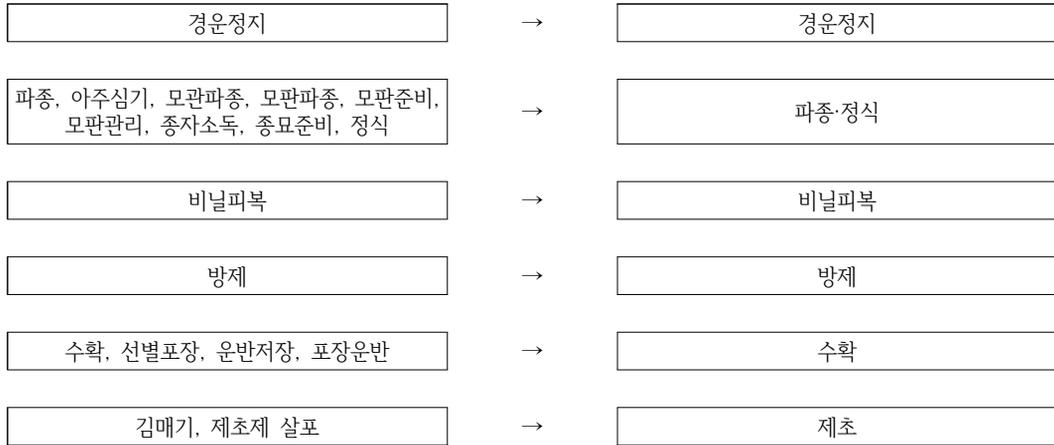
표 1. 주요 발작물 품목별 생산 현황 및 가중치

구분	생산량		재배면적		생산액	
	톤	가중치 (w_{1i})	ha	가중치 (w_{2i})	억 원	가중치 (w_{3i})
콩	85,644	0.014	45,556	0.206	3,939	0.063
감자	466,755	0.076	20,974	0.095	5,531	0.089
고구마	324,960	0.053	21,684	0.098	5,108	0.082
무	1,158,979	0.189	22,728	0.103	4,768	0.076
배추	2,395,686	0.391	32,416	0.147	8,934	0.143
마늘	303,578	0.050	24,864	0.113	11,169	0.179
양파	1,144,493	0.187	19,538	0.089	11,193	0.179
고추	241,946	0.040	32,865	0.149	11,837	0.189
전체	6,122,041	1.000	220,625	1.000	62,479	1.000

자료: 통계청, 2017년 품목별 농작물 생산조사를 활용하여 재구성함.

3 일부 품목은 설정한 작업시간을 기타로 처리하거나, 조사되지 않은 경우가 존재함. 예를 들어 고구마의 방제, 마늘과 양파의 경운정지, 비닐피복, 방제, 제초 작업에 대한 조사 결과가 없음. 따라서 해당 작업시간은 타 작목 작업시간의 평균으로 대체하였음.

그림 2. 농작업 단계별 통합



자료: 이규승 외(2016) 자료를 활용하여 재정리함.

표 2. 주요 발작물 농작업 시간(시간/ha)

구분	경운정지	파종·정식	비닐피복	방제	수확	제초	기타	계
콩	13	45	11	14	99	37	77	296
감자	18	93	39	15	254	37	62	518
고구마	17	193	32	31	361	28	39	701
무	22	62	29	40	218	47	75	493
배추	16	150	31	54	269	28	136	684
고추	26	571	73	217	1,016	26	507	2,436
마늘	19	490	36	31	866	34	1,300	2,776
양파	19	672	36	31	835	34	786	2,413

자료: 이규승 외(2016) 자료를 활용하여 재정리함.

<표 2>의 자료는 기계작업과 구분되지 않은 농작업 시간으로 해당 농작업의 순수 노동시간을 계산해야 한다. 따라서 본 연구에서는 농작업 시간($T_j = M_j + L_j$)과 환산계수(δ_j)를 활용하여 해당 작업의 최대 노동력 투입시간을 식 (4)와 같이 도출하였다.

$$L_{maxj} = L_j + \delta_j M_j \tag{4}$$

여기서 L_{maxj} 는 1ha 기준 j 농작업을 노동력만으로 수행할 때 노동력 투입시간이며, L_j 는 실제 노동력 투입시간, M_j 는 실제 농업기계 투입시간, δ_j 는 환산계수(등량곡선 접선의 기울기)로 현재 농가들이 선택하는 수준에서 j 농작업을 수행할 때 농업기계 투입시간 한 단위와 노동력 투입시간

의 대체 비율을 의미한다($\delta_j = L_{max}/M_{max}$). 본 논문에서 환산계수(δ_j)는 품목별 농촌진흥청(2016)의 『농업기계 임대사업 운영가이드』에서 제시하고 있는 품목 및 농작업별 1ha당 노동력 작업시간(L_{max})과 농업기계 작업시간(M_{max})을 적용하여 도출하였으며, 농업기계 작업시간이 존재하지 않는 경우에는 평균값을 적용하였다<표 3>. 이때, 수확 및 정식은 농업기계 작업 효율성이 낮은 작업으로 모든 환산계수에 평균값을 적용할 경우, 특정 작업에 대한 가중치가 과소 추정될 가능성이 존재한다. 따라서 환산계수는 전체 평균값(환산계수1)과 수확과 정식을 제외한 파종의 환산계수 평균(26.9)을 고려하여 20(환산계수2), 30(환산계수3)을 적용한 결괏값을 비교하였으며, 환산계수를 적용한 농작업별 가중치는 <부표 1>에 제시하였다. 일반적으로 최대 노동력 투입시간이 많은 작업에 높은 가중치가 부여되지만, 환산계수에 따라 품목의 농작업별 가중치가 일부 달라진다. 즉, 농작업별 가중치1보다 농작업별 가중치3의 경우정지 가중치는 커지고, 수확 및 파종·정식의 가중치는 작아진다.

표 3. 환산계수 도출

구분		농업기계 작업 (시간/ha)	노동력 작업 (시간/ha)	환산계수 (δ_j)
콩	정식	2.1	28	13.3
	수확	12.8	80	6.3
감자	파종	8.3	59	7.1
	수확	12	168	14.0
고구마	정식	36	167	4.6
	수확	6.6	12	1.8
무	파종	2.4	80	33.3
배추	정식	17	142	8.4
마늘	파종	9	361	40.1
	수확	6.6	75	11.4
양파	정식	28	278	9.9
	수확	7	120	17.1
고추	정식	30	142	4.7
평균				10.2
파종 평균				26.9

자료: 농촌진흥청(2016) 『농업기계 임대사업 운영가이드』를 이용하여 환산계수를 계산함.

2.3. 밭농업 기계화율 평가

농촌진흥청에서 발표하는 밭농업 기계화율은 제초작업을 포함하지 않고 있으나, 본 연구에서는 이를 포함하여 분석을 진행하였다. 밭농업 기계화율(재배면적 기준)은 가중치에 따라 50.1%(작업별 가중치1 적용), 55.9%(작업별 가중치2 적용), 58.9%(작업별 가중치3 적용)로 계산되었다<표 4>. 작업별 가중치1을 적용한 경우에는 밭농업 기계화율이 현행(53.7%)보다 낮았으며, 작업별 가중치2와 3을 적용한 경우에는 밭농업 기계화율이 현행보다 높은 것으로 나타났다. 농작업 및 품목별 가중치를 적용하여 전체 밭농업 기계화율을 계산한 결과는 현행의 밭농업 기계화율과 큰 차이를 보이지 않는 것으로 나타났으나, 품목별 기계화율을 비교하면 일부 품목에서 현행 지표의 과대 또는 과소 평가된 부분을 확인할 수 있다. 기계화율이 낮은 농작업(파종·정식, 수확)에 투입되는 노동력 비중이 상대적으로 높은 품목(마늘, 양파)의 현행 기계화율은 과대 평가되었고, 기계화율이 높은 농작업(비닐피복, 방제)에 투입되는 노동력 비중이 상대적으로 낮은 품목(배추, 고추)의 현행 기계화율은 과소 평가되었다고 볼 수 있다. 즉, 농작업별 가중평균을 적용하지 않을 경우, 품목별로 노동력 투입이 많은 작업에 대한 중요도가 잘 반영되지 못하는 한계점이 존재하므로 본 연구에서 제시한 밭농업 기계화율이 더 객관적인 결과를 제시할 수 있을 것으로 판단된다. 또한, 기계화율 향상을 위한 제도 개선 시 작물별 품목별 특징을 고려하는 것이 더 효율적임을 시사한다.

표 4. 농작업 및 품목별 가중치 적용 밭농업 기계화율

구분		현행 (제초 제외)	현행 (제초 포함) (A)	가중치1 적용 (B)	가중치2 적용 (C)	가중치3 적용 (D)	B-A	C-A	D-A
농작업별 가중평균 적용 결과	콩	64.8	57.3	47.6	52.4	54.8	-9.6	-4.8	-2.4
	감자	69.3	57.9	63.3	63.1	62.9	5.4	5.2	5.1
	고구마	66.2	55.7	58.4	63.9	66.6	2.7	8.2	10.9
	무	61.1	62.2	65.2	69.2	70.7	3.0	7.0	8.5
	배추	55.5	47.5	57.8	66.8	70.6	10.3	19.3	23.2
	마늘	58.6	53.3	31.4	34.8	37.7	-21.9	-18.5	-15.6
	양파	62.2	60.9	30.7	37.2	42.4	-30.2	-23.6	-18.4
	고추	46.0	39.1	47.2	57.7	62.7	8.1	18.6	23.6
품목별 가중평균	생산량	-	-	52.7	59.1	62.4	-	-	-
	재배면적	60.2	53.7	50.1	55.9	58.9	-3.7	2.1	5.1
	생산액	-	-	46.7	52.8	56.2	-	-	-

3. 농업기계 임대사업의 생산비 절감 효과 분석⁴

3.1. 농업기계 임대사업으로 인한 생산비 절감 효과 평가지표

정부는 노동력 부족을 해결함과 동시에 농가의 생산비를 절감하기 위해 농업기계 임대사업을 추진하고 있다. 본 연구에서는 사업의 효과를 평가할 수 있는 생산비 절감액 분석하기 위해 발작물 생산 농가의 비용 방정식을 수립하고, 이를 토대로 생산비 절감액을 산출하였다. 농업기계 임대사업의 비용 절감 효과는 농업기계와 노동력의 대체로 인한 생산비 절감 또는 민간 농업기계 대여와 국가 임대사업 활용의 차액에 따른 생산비 절감에 의해 결정된다고 볼 수 있다. 따라서 본 연구에서는 농산물 단계별 생산비에서 노동력 투입시간과 농업기계 투입시간 외 기타 투입요소의 비용은 일정한 것으로 가정하였다. 이에 따라 노동 투입과 기계 투입에 의한 비용을 제외한 나머지 비용을 고정비로 가정하면 비용을 식 (5)와 같이 나타낼 수 있다. 이때 비용함수는 노동력과 농업기계 투입의 선형 결합을 가정하였다.

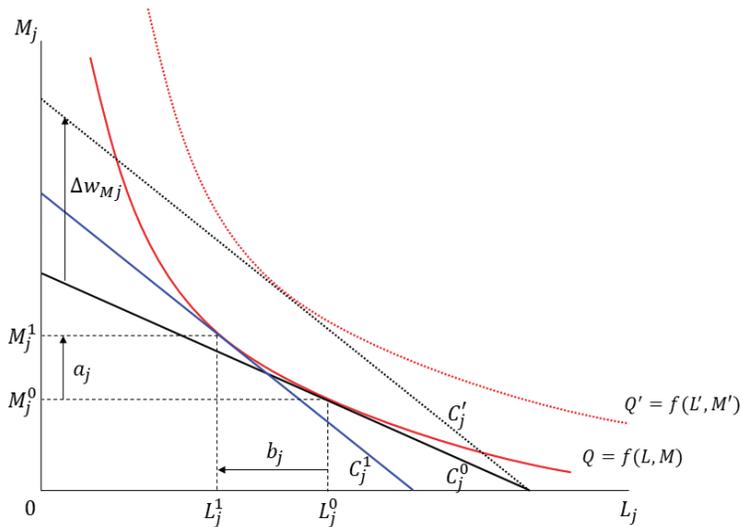
$$C_j(L, M) = w_{L_j}L_j + w_{M_j}M_j + FC_j, \quad s.t. Q = f(L, M) \quad (5)$$

여기서 C_j 는 j 단계의 농산물 생산비이며, w_{L_j} 는 j 단계에 투입되는 시간당 노임, L_j 은 j 단계 노동력 투입시간(1ha당 j 단계 작업을 위해 투입되는 노동시간), w_{M_j} 는 j 단계 농업기계 이용단가, M_j 는 j 단계 농업기계 투입시간(1ha당 j 단계 작업을 위해 투입되는 농업기계 이용시간), FC_j 는 j 단계의 기타 투입 요소 비용(고정비용)으로 기계화에 따른 생산비 변화에 영향을 미치지 않는 것으로 가정하였다($FC_j = 0$). 이때, 단위 면적당 생산량은 노동력 투입시간과 농업기계 투입시간에 의해 결정되는 것으로 가정하였다. 품목의 특성을 고려해 보면, 100% 기계화가 가능한 경우와 일정 수준 이상의 노동력을 반드시 투입해야 하는 경우 등 다양한 형태가 존재할 수 있다. 다만, 본 연구에서는 농기계 투입시간을 늘리면 고용 노동 투입시간을 줄일 수 있는 등의 양자의 대체관계가 가능한 범위 내에서 농가들의 선택이 이루어진다고 가정하였다. 즉, 선택된 노동력과 농업기계의 투입 비율은 주어진 조건에서 가장 합리적인 선택의 결과라고 가정하였다.

4 본 연구에서 제안한 발농업 기계화율을 이용하여 농기계 임대사업의 생산비 절감 효과를 추정하였음.

따라서 <그림 3>과 같이 농업기계 임대사업의 시행으로 농업기계 이용단가가 w_{Mj}^0 에서 w_{Mj}^1 으로 하락한다면, 농가는 같은 비용($C_j^0 = C_j^1$)으로 생산량을 Q 에서 Q' 으로 증가시킬 수 있다. 다만, 본 연구의 목적이 같은 생산량(Q)에서 비용 감소(decreasing cost: DC) 효과를 평가하는 것이기 때문에 노동력과 농업기계의 투입 비율 변화에 의한 생산비 감소 효과($C_j^1 - C_j^0$)를 계산하였다. 이때 노동력 투입 감소량은 b_j 이며, 농업기계 투입 증가량은 a_j 가 된다. 따라서 노임은 불변인 가운데 농업기계 임대사업으로 농업기계 이용단가가 하락하면 노동력과 농업기계 투입량(투입 비율)이 변화하고 이는 비용 절감으로 이어질 것이다.

그림 3. 농업기계 임대사업 시행을 통한 비용 감소 효과



농업기계 임대사업 시행을 통한 생산비 절감 효과는 기준연도(사업시행 이전, 전년 등) 비용(C_j^0)과 농업기계 임대사업 시행 이후 평가연도 비용(C_j^1)을 식 (6)과 같이 설정하고 농업기계 임대사업 시행을 통한 효과를 계산하였다(식 (7)).

$$\text{기준연도 생산비} : C_j^0 = w_{Lj}L_j^0 + w_{Mj}^0M_j^0 \tag{6}$$

$$\text{평가연도 생산비} : C_j^1 = w_{Lj}L_j^1 + w_{Mj}^1M_j^1$$

$$\begin{aligned} DC &= C_j^0 - C_j^1 \\ &= (w_{Lj}L_j^0 + w_{Mj}^0M_j^0) - (w_{Lj}L_j^1 + w_{Mj}^1M_j^1) \end{aligned} \tag{7}$$

다만, 주어진 자료의 품목 및 농작업별 농작업 시간은 농업기계 작업시간과 노동력 투입시간을 단순히 더한 값으로, 순수 노동력 투입시간과 농업기계 투입시간으로 구분하기 어렵다. 따라서 품목 및 농작업별 농작업 시간을 최대 순수 노동력 투입시간($L_{\max j}$)과 노동력 투입 비율(S_{Lj}), 최대 농업기계 투입시간($M_{\max j}$)과 농업기계 투입 비율(S_{Mj})로 변환하였다(식 (8)).

$$C_j = w_{Lj}L_{\max j}S_{Lj} + w_{Mj}M_{\max j}S_{Mj} \quad (8)$$

여기서 S_{Lj} 는 최대 노동 투입 가능 시간 대비 실제 노동 투입시간의 비율이며, S_{Mj} 은 최대 농업기계 투입 가능 시간 대비 실제 농업기계 투입시간의 비율이다. 최대 농업기계 투입시간은 1ha를 농업기계만을 이용하여 작업할 때 소요되는 시간이며, 최대 노동 투입시간은 1ha를 노동력만으로 작업할 때 소요되는 시간으로 노동과 농업기계 투입 외 변수는 고정비용으로 제외하였으므로 두 투입 요소의 대체율에 따라 투입 비율의 합은 1(100%)이 된다. 예를 들어, 밭 1ha의 경운정지 작업을 노동력만으로 실시한다면, 100시간이 소요되고, 농업기계로만 실시한다면, 10시간이 소요된다고 할 경우, 이때 최대 노동 투입시간($L_{\max j}$)은 100이 되고, 최대 농업기계 투입시간($M_{\max j}$)은 10이 되는 것이다. 만약 농업기계를 5만큼 투입한다면, 노동력은 50이 투입되어야 같은 생산 수준을 유지할 수 있다. 따라서 이 경우, 농업기계 투입과 노동 투입 비율은 각각 0.5가 되며 농업기계를 1 투입하면, 노동력은 90이 투입되어야 동일한 생산 수준을 유지할 수 있으므로 농업기계 투입과 노동 투입 비율은 각각 0.1, 0.9가 되는 것이다<표 5>. 전술한 바와 같이 농업기계 투입 비율과 노동력 투입 비율의 합은 항상 1이므로 식 (9)와 같이 표현할 수 있다.

$$C_j = w_{Lj}L_{\max j}(1 - S_{Mj}) + w_{Mj}M_{\max j}S_{Mj} \quad , \quad S_{Lj} + S_{Mj} = 1 \quad (9)$$

표 5. 노동 및 농업기계 투입시간과 투입 비율 관계 예시

노동 투입시간 ($L_j = L_{\max j} S_{Lj}$)	농업기계 투입시간 ($M_j = M_{\max j} S_{Mj}$)	노동 투입 비율 (S_{Lj})	농업기계 투입 비율 (S_{Mj})
100 (최대 노동 투입량)	0	1	0
90	1	0.9	0.1
80	2	0.8	0.2
·	·	·	·
·	·	·	·
·	·	·	·
50	5	0.5	0.5
·	·	·	·
·	·	·	·
·	·	·	·
0	10 (최대 농업기계 투입량)	0	1

이때 기계화율은 농작물을 생산과정에 농업기계를 사용한 비율을 나타내는 결과로 농업기계 임대사업을 통한 농업기계 비율(S_{Mj1})과 기타(S_{Mj2})로 구분할 수 있으며 기타는 민간 임대(S_{Mj3}), 개인 소유 농업기계 비율(S_{Mj4})을 포함하고 있다. 따라서 농업기계 투입 단가(w_{Mj})는 기계화 비율에 따라 가중평균하여 적용해야 한다. 단, 개인이 농업기계를 소유하는 것은 민간 임대비용(w_{Mj3})보다 개인 소유 농업기계 사용 단가(w_{Mj4})가 낮기 때문에 농업기계를 구매하였을 것으로 가정하며, 개인 소유의 농업기계의 최대 사용 단가가 임대비용보다 낮거나 같을 것이다($w_{Mj3} \geq w_{Mj4}$). 따라서 본 연구에서는 개인 소유 농업기계 비율과 민간 임대 비율은 동일 단가(w_{Mj2})를 적용하고 기계화율의 결과도 임대사업 기계 비율(S_{Mj1})과 기타(S_{Mj2})로 구분하였다(식 (10)).

$$S_{Mj} = S_{Mj1} + S_{Mj2} \tag{10}$$

$$S_{Mj2} = S_{Mj3} + S_{Mj4}$$

$$w_{Mj} = S_{Mj1}w_{Mj1} + S_{Mj2}w_{Mj2}$$

단, 농업기계 임대사업을 이용할 경우, 생산자가 농업기계를 직접 운행해야 하므로 농업기계 투입량(시간)에 대한 본인의 노임이 발생하는 것을 고려하였으며, 민간 임대는 운행까지 대행하고 있기 때문에 이때 발생하는 운행비를 본인의 노임으로 대체하였다(식 (11)).

$$C_j = w_{Lj}L_{\max j}(1 - S_{Mj}) + (w_{Mj} + w_{Lj})M_{\max j}S_{Mj} \tag{11}$$

따라서 농업기계 임대사업 시행에 따른 생산단계 j 의 생산비 절감 효과(DC_j)는 최대 노동력 투입시간($L_{\max j}$)과 최대 농업기계 투입시간($M_{\max j}$)과 노임(w_{Lj}), 농업기계 이용 단가(w_{Mj}) 그리고 기계화율(S_{Mj}) 변화에 의해 결정된다(식 (12)).

$$DC_j = C_j^0 - C_j^1 \tag{12}$$

$$C_j^0 = w_{Lj}L_{\max j}(1 - S_{Mj}^0) + (w_{Mj}^0 + w_{Lj})M_{\max j}^0 S_{Mj}^0$$

$$C_j^1 = w_{Lj}L_{\max j}(1 - S_{Mj}^1) + (w_{Mj}^1 + w_{Lj})M_{\max j}^1 S_{Mj}^1$$

도출한 생산단계별 생산비 절감액을 통해 품목별 총 생산비 절감액과 절감률을 계산할 수 있으며, 품목별 가중치를 적용하여 농업기계 임대사업을 통한 생산비 절감률을 계산할 수 있다. 이때, 생산단계별 생산비 절감액을 고려하여 품목별 총 생산비 절감액을 계산하기 위해서 기계화율에서 산출한 농작업별 가중치를 적용할 수 있다. 따라서 생산비 절감 효과(DC_{ij})를 품목별로 구분하면 식 (16)과 같이 표현할 수 있으며, 이때 i 품목의 생산단계 j 의 생산비 절감률은 식 (17)과 같다.

$$DC_{ij} = C_{ij}^0 - C_{ij}^1 \tag{16}$$

$$RDC_{ij} = \frac{C_{ij}^0 - C_{ij}^1}{C_{ij}^0} \times 100 \tag{17}$$

이를 통해 품목별 농업기계 임대사업으로 인한 생산비 절감액을 계산할 수 있는데, 이때 품목 i 의 총 생산비 절감액은 생산단계별 생산비 절감액의 합으로 표현된다(식 (18)).

$$DC_i = \sum_{j=1}^m DC_{ij} = \sum_{j=1}^m (C_{ij}^0 - C_{ij}^1), \quad C_i^0 = \sum_{j=1}^m C_{ij}^0, \quad C_i^1 = \sum_{j=1}^m C_{ij}^1 \tag{18}$$

여기서 m 은 농작업 단계이고, C_i^0 는 i 품목의 기준연도 생산비로 각 농작업 단계별 생산비를 합산한 것이다. 농업기계 임대사업을 통한 i 품목의 생산비 절감률(RDC_i)은 품목별 생산비 절감액이 기준연도 i 품목 생산비에서 차지하는 비중으로 표현할 수 있다(식 (19)).

$$RDC_i = \frac{DC_i}{C_i^0} = \frac{\sum_{j=1}^m DC_{ij}}{\sum_{j=1}^m C_{ij}^0} = \frac{\sum_{j=1}^m (C_{ij}^0 - C_{ij}^1)}{\sum_{j=1}^m C_{ij}^0} \tag{19}$$

앞서 분석한 발농업 기계화율의 경우, 생산단계(j)별로 기계화율을 구하고 이를 단계별 가중치 (α_{ij})를 적용하여 i 품목의 기계화율을 계산하였지만, 생산비 절감률의 경우 각 단계의 절감액을 합하는 방식으로 계산되기 때문에 생산단계별 가중치를 적용할 필요가 없다. 따라서 농업기계 임대사업을 통한 생산비 절감률 지표(RDC)는 대상 품목의 기준 생산비 대비 생산액 절감률로 식 (20)을 통해 계산할 수 있다.

$$RDC = \frac{\sum_{i=1}^n DC_i}{\sum_{i=1}^n C_i^0} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m DC_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m C_{ij}^0} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (C_{ij}^0 - C_{ij}^1)}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m C_{ij}^0} \quad (20)$$

3.2. 분석 자료 및 시나리오 구성

농업기계 임대사업의 비용 절감 효과를 분석하기 위해서는 시간당 노임(w_{Lj}), 시간당 농업기계 이용단가(w_{Mj} : 임대사업과 민간임대 가중평균), 최대 농업기계 투입시간(M_{maxj}), 기계화율(S_{Mj})에 대한 품목별, 농작업별 자료가 필요하다. 하지만, 현재 자료는 품목별, 농작업별로 구체화된 자료는 존재하지 않기 때문에 본 연구에서는 가용한 자료를 최대한 활용하여 비용 절감 효과 및 절감률을 분석하였다. 이때 평가기간은 농업기계 임대사업 시행 2년차인 2004년을 기준연도로, 분석에 필요한 자료 확보가 가능한 최근 연도인 2017년을 평가연도로 설정하였다.

농업노임은 2004년에 일평균 4만 7,891원, 시간당 5,986원이었으며, 2017년에 일평균 9만 1,576원, 시간당 1만 1,447원까지 상승하였다<표 6>. 기계화율에 따른 비용 절감 효과를 보다 정확히 분석하기 위해 소비자물가지수⁵를 고려하여 2004년 노임을 2017년과 동일한 가치로 환산하였다. 농업기계 작업비는 2004년 ha당 44만 4,760원에서 2017년 63만 3,100원까지 상승하였으며, 농업기계 작업비 또한 현재가치로 환산하여 적용하였다. 2002년부터 2017년까지 임대사업 농업기계 수가 연평균 13%(농촌진흥청 2016) 증가한 연구 결과와 민간임대 비용 대비 임대사업 활용 비용 수준은 1ha 기준 27%(농촌진흥청 2016)를 고려하여 산출한 ha당 농업기계 작업비는 2004년 59

⁵ 소비자물가지수 연평균 2.26% 상승 적용.

만 145원, 2017년 60만 7,569원으로 산출되었다<표 7>.

표 6. 농업 노임 산출 결과

구분			1일(8시간)	1시간
농업 노임(원)	2004년	남	57,467	7,183
		여	38,314	4,789
		평균	47,891	5,986
	2004년 (현재가치)	남	76,885	9,611
		여	51,260	6,408
		평균	64,073	8,009
	2017년	남	110,141	13,768
		여	73,010	9,126
		평균	91,576	11,447

자료: 농촌진흥청(2018a). 『농업과학기술 경제성 분석 기준자료집』 재구성.

표 7. 농업기계 작업료 산출 결과

구분	농업기계 기준 작업료(원/ha)	농업기계 적용 작업료(원/ha)
2004년	444,760	-
2004년(현재가치)	595,044	590,145
2017년	633,100	607,569

주: 농업기계 적용 작업료는 기준 작업료에 민간임대 비용 대비 임대사업 활용 비용 수준과 임대사업 농업기계 활용률 5.53%를 적용하여 가중평균한 수치임.

자료: 농촌진흥청(2018a). 『농업과학기술 경제성 분석 기준자료집』 재구성.

3.3. 비용 절감 효과 및 절감률 분석 결과

시간당 농업기계 작업비는 작목별 ha당 최대 농업기계 투입시간과 작목별 기계화율, ha당 작업비를 고려하여 산출하였으며, 순수 농업기계 이용단가를 고려하기 위해 작업시간에 대한 인건비는 감액하고 최대 농업기계 투입시간은 최대 노동력 투입시간과 환산계수를 이용해 도출하였다. 또한, 고구마와 양파의 2004년 기계화율 자료가 존재하지 않아, 타 품목의 연평균 증감률을 적용하여 계산한 결과를 활용하였다. 이와 같은 과정을 거쳐 계산된 작목별 최대 노동력 및 농업기계 투입시간은 <부표 2>, 작목별 기계화율은 <부표 3>에 제시하였다. 식 (15)를 통해 기준연도(2004년) 비용

과 평가연도(2017년) 비용의 차를 구할 수 있으며, 품목별 생산비 절감률은 식 (19) 그리고 평가지표로 활용할 수 있는 품목 및 작업단계를 가중평균한 절감률은 식 (20)을 통해 계산할 수 있다. 이때 기계화율의 효과만을 고려하기 위해 노임은 변화하지 않은 것으로 가정하였다. 단, 노임은 기준연도와 평가연도 중 선택할 수 있으므로 본 연구에서는 두 연도를 모두 적용하여 비교하였다. 시나리오 1-1과 1-2는 2004년 노임을 현재가치로 환산하여 적용한 결과이며, 시나리오 2-1과 2-2는 2017년 노임을 기준으로 적용한 결과이다. 그리고 최대 농업기계 투입시간의 경우, 농업기계의 기술발전과 연관되어 있기 때문에 임대사업을 통해 최신 농업기계가 지속적으로 보급되는 점을 고려하여 기술발달로 인한 최대 농업기계 투입시간 단축⁶도 고려하여 분석을 진행하였다. 시나리오 1-1과 2-1은 기술발달을 적용하지 않은 결과이며, 시나리오 1-2와 2-2는 기술변화를 적용한 결과이다<표 8>. 개별 시나리오에 따른 기준연도 비용(C_{ij}^0)과 평가연도 비용(C_{ij}^1) 그리고 그 차이를 계산한 결과의 세부 내용은 <부표 4~7>에 제시하였다.

시나리오 1-1의 생산비 절감액은 평균 19만 6천 원/ha(절감률: 6.7%)으로 고추의 생산비 절감액이 약 62만 원으로 가장 컸으며, 다음으로 감자 34만 원, 배추 25만 원 순이었다. 콩의 경우, 비용이 ha당 약 5천 원 증가한 것으로 분석되었다. 시나리오 2-1의 생산비 절감액은 평균 11만 4천 원/ha(절감률: 3.5%)으로 고추의 생산비 절감액이 약 50만 원으로 가장 컸으며, 다음으로 감자 28만 원, 배추 20만 원 순이었다. 시나리오 2-1은 시나리오 1-1에 비해 높은 노임 수준에서 생산비 변화를 분석하기 때문에 절감액이 다소 감소하는 것을 확인할 수 있다. 시나리오 1-2의 생산비 절감액은 평균 52만 8천 원/ha(절감률: 18.2%)으로 고추의 생산비 절감액이 약 88만 원으로 가장 컸으며, 다음으로 감자 66만 원, 배추 61만 원 순이었으며, 시나리오 1-1과 시나리오 2-1에서 생산비가 증가한 것으로 분석되었던 콩의 경우에도 ha당 38만 원의 비용이 감소한 것으로 분석되었다. 시나리오 2-2의 생산비 절감액은 평균 51만 8천 원/ha(절감률: 16.0%)으로 고추의 생산비 절감액이 약 93만 원으로 가장 컸으며, 다음으로 감자 70만 원, 배추 63만 원 순이었다. 시나리오 1-2와 2-2는 농업기계 기술 발전으로 최대 농업기계 투입시간 감소를 고려하면서 생산비 절감액이 크게 나타난 것으로 판단된다. 분석 결과를 농업기계 임대사업의 성과지표로 활용할 수 있을 것으로 기대되며, 기준연도를 전년 혹은, 3년 평균으로 설정하여 지속적인 증감을 체크할 수 있을 것이다. 또한, 본 연구에서 실증

6 실제 기술발전으로 농업기계 투입시간이 얼마나 줄어들었는가에 대한 자료는 존재하지 않음. 따라서 매년 농업기계 투입시간이 1% 줄어드는 것으로 가정하여 분석한 결과임. 향후, 농업기계 투입시간 감소에 대한 자료가 확보된다면 이를 적용하여 계산할 수 있음.

한 바와 같이 과거 특정 시점을 기준으로 평가하는 방법도 고려할 수 있다.

표 8. 시나리오별 생산비 절감액 분석 결과(원/ha)

구분		경운정지	파종·정식	비닐피복	방제	수확	제초	계
시나리오 1-1	콩	27,123	-10,008	-11,993	-2,274	-16,073	8,498	-4,727
	감자	46,646	-2,758	31,700	38,660	117,878	109,982	342,108
	고구마	43,412	0	-25,561	79,229	-56,209	3,637	44,508
	무	64,030	2,245	28,527	114,591	-29,992	-41,698	137,705
	배추	41,426	0	6,595	176,508	1	25,145	249,675
	마늘	51,691	-17,223	-26,130	86,090	-63,944	75,206	105,691
	양파	49,487	-12,234	-24,839	79,052	-55,880	35,991	71,577
	고추	72,973	1	24,912	510,074	1	11,487	619,448
	평균							
시나리오 2-1	콩	19,342	-13,795	-20,045	-17,295	-23,119	4,433	-50,479
	감자	36,435	-3,683	8,184	33,315	69,466	137,581	281,299
	고구마	33,851	0	-59,761	60,550	-81,477	3,788	-43,049
	무	52,291	2,815	2,770	90,832	-44,767	-78,660	25,282
	배추	32,831	1	-20,217	154,744	1	30,128	197,488
	마늘	41,731	-29,189	-42,711	72,225	-100,968	87,426	28,514
	양파	38,968	-17,578	-59,174	60,412	-83,620	30,418	-30,574
	고추	57,683	1	8,181	422,352	1	13,734	501,952
	평균							
시나리오 1-2	콩	95,467	57,020	56,720	65,390	48,885	57,115	380,597
	감자	112,586	64,843	86,748	105,774	134,855	153,466	658,272
	고구마	109,834	65,260	32,897	138,860	3,880	55,454	406,185
	무	128,049	72,402	88,767	169,813	4,465	12,090	475,586
	배추	108,329	66,868	65,565	224,565	62,421	80,630	608,378
	마늘	117,315	19,530	33,042	145,501	-27,506	129,007	416,889
	양파	115,112	45,394	31,774	138,677	-22,482	92,940	401,415
	고추	135,060	66,072	69,035	477,331	61,083	70,510	879,091
	평균							

(계속)

구분	경운정지	파종·정식	비닐피복	방제	수확	제조	계
시나리오 2-2	콩	99,045	52,710	50,220	56,342	40,859	355,640
	감자	118,539	63,814	77,683	113,653	124,313	698,463
	고구마	115,596	65,260	2,517	145,088	-27,167	357,808
	무	136,636	73,366	77,768	179,821	-13,689	429,258
	배추	114,435	66,868	48,458	249,822	62,421	632,575
	마늘	124,601	6,572	15,543	157,027	-70,461	390,030
	양파	121,451	38,828	1,275	144,892	-56,566	348,394
	고추	142,744	66,072	62,809	522,771	61,083	930,564
평균							517,842 (16.0%)

4. 요약 및 결론

농업·농촌의 노동력 부족 문제에 대한 대안이자 농업 생산성 향상을 위해 정부는 주요 정책목표로 농업기계화를 추진하고 있다. 그뿐만 아니라 농업·농촌에서의 농업기계화는 단순히 농업 노동력 대체 수단을 넘어 농업인의 삶의 질을 향상시키는 역할도 수행할 수 있다. 다만, 농업의 특수성 및 계절성으로 인해 소규모 농가의 경우 농업기계를 구입하여 사용하기는 어려운 실정이다. 특히 밭농업은 재배작목과 작업공정이 다양하고 품목의 변동이 잦으며, 필지의 면적이 상대적으로 작고 분산되어 있기 때문에 파종, 수확 등 일부 농작업의 기계화가 더디게 진행되고 있다. 그럼에도 현행 기계화율 지표는 작업단계별 기계화율을 단순 평균하는 방식으로 도출하고 있다. 즉, 실제 노동력을 많이 요구하는 작업에 대한 가중치가 전혀 반영되지 않고 있는 것이다. 따라서 본 연구에서는 현행 기계화율 지표를 보완하여 품목별 가중치와 함께 작업단계별 가중치를 부여한 기계화율 지표를 제안하고 실증하였다. 그리고 농작업 기계화율 향상의 가장 큰 목적 중 하나인 생산비 절감 효과를 농업기계 작업과 노동력의 대체관계를 이용하여 계산할 수 있는 방안을 제시하고 이를 가용한 데이터를 사용하여 실증분석하였다.

본 연구에서 평가한 밭농업 기계화율은 가중치에 따라 50.1%(작업별 가중치1 적용), 55.9%(작업별 가중치2 적용), 58.9%(작업별 가중치3 적용)로 계산되었다. 작업별 가중치1을 적용한 경우에

는 현행(53.7%)보다 낮은 수준으로 평가되었으며, 가중치2와 3을 적용한 경우에는 밭농업 기계화율이 현행보다 높은 것으로 나타났다. 농작업별 가중평균 결과를 현행 밭농업 기계화율과 비교하여 품목별로 살펴보면, 기계화율이 낮은 농작업(과종·정식, 수확)에 투입되는 노동력 비중이 상대적으로 높은 마늘, 양파의 현행 기계화율은 과대 평가되었고, 기계화율이 높은 농작업(비닐피복, 방제)에 투입되는 노동력 비중이 상대적으로 낮은 배추, 고추의 현행 기계화율은 과소 평가된 것으로 나타났다.

또한, 제시한 비용 절감액 및 절감률 도출 식을 이용하여 기준연도(2004년) 대비 평가연도(2017년)의 농업기계 임대사업 시행으로 인한 생산비 절감액과 절감률을 분석하여 비교하였다. 기계화율의 효과만을 고려하기 위해 노임은 변화하지 않은 것으로 가정하였다. 단, 노임은 기준연도와 평가연도 중 선택할 수 있으므로 본 연구에서는 두 연도를 모두 적용하였으며(시나리오 1-1, 2-1), 기술변화로 인한 농업기계 투입시간 단축(시나리오 1-2, 2-2)도 고려하여 분석하였다. 분석 결과(시나리오 1-2, 2-2 기준), 평균 생산비 절감액은 ha당 52만~53만 원(절감률: 16~18%)으로 분석되었다. 품목별 절감액을 살펴보면, 고추가 약 88만~93만 원으로 절감액이 가장 큰 것으로 나타났으며, 감자(66만~70만 원), 배추(61만~63만 원)의 절감액이 큰 편이었다. 가장 절감액이 낮은 품목은 콩으로 약 36만~38만 원이었다.

본 연구에서는 제시한 기계화율 도출 방법은 특정 품목, 농작업의 기계화율 변화가 밭농업 기계화율에 미치는 영향을 고려할 수 있기 때문에 정책의 방향 설정 등에도 기여할 수 있을 것으로 기대된다. 또한 농업기계 임대사업의 비용 절감액과 절감률 도출 방법은 농업기계 임대사업의 효과를 평가하는 지표로도 활용할 수 있을 것으로 판단된다. 그뿐만 아니라 농업기계 임대사업의 필요성 및 중요성, 효과성 등을 평가하고 그 결과를 홍보하여 정책 시행의 당위성을 제공할 수 있을 것이다. 다만, 본 연구에서 비용함수를 도출하여 비용 최소화를 추정한 것이 아니라 생산자가 주어진 조건에서 비용을 최소화하는 노동력 및 농업기계 투입량을 결정한다는 가정하에서 연구를 진행하였으며, 실증분석에서 농기계 투입량을 주어진 조건에서 계산하였고 농업기계 작업료를 모든 작업에 동일하게 적용한 부분이 연구의 한계점이라 할 수 있다. 즉, 농업기계 작업의 경우 작업 유형에 따라 비용이 크게 달라질 수 있으나 자료의 한계로 그 점을 반영하지 못하였다. 또한, 농가의 생산에 대한 의사결정은 다양한 요인에 영향을 받지만 이를 반영하지 못하고 농업기계 투입과 노동 투입 양자의 대체 관계가 농가들의 합리적 선택으로 결정된 것으로 가정하였다. 즉, 사후적으로 결정된 농업기

계와 노동력의 투입 비율의 변화를 농업기계와 노동력의 대체로 인한 결과로 가정하여 생산비 절감 효과를 분석하였다. 전술한 연구의 한계에도 불구하고 제시한 결과값이 현실과 크게 동떨어진 결과가 아닌 것으로 판단되며, 향후 해당 자료에 대한 조사가 시행된다면 더 정확하고 객관적인 분석 및 평가를 수행할 수 있을 것이다.

참고 문헌

- 강창용, 박현태, 한혜성. 2012. 『농업기계 임대·은행사업 운영기관 일원화 방안』. 한국농촌경제연구원.
- 김정섭, 오내원, 허주녕. 2014. 『농업 고용 노동력 수급 실태와 대응 방안』. 한국농촌경제연구원.
- 농촌진흥청. 2016. 『2016 농업기계 임대사업 운영가이드』.
- 농촌진흥청. 2018a. 『2018 농업과학기술 경제성 분석 기준자료집』.
- 농촌진흥청. 2018b. 『2017 농업기계 이용실태 조사』.
- 박기환, 정은미, 권희민. 2011. 『농업기계 관리제도 도입을 통한 효율적 운영방안』. 한국농촌경제연구원.
<http://doi.org/10.7851/Ksrp.2016.22.4.061>
- 신승엽, 이정민, 김유용, 노재승. 2016. “농업기계 임대사업 운영실태 및 개선방안.” 『농촌계획』 제22권 제4호. pp. 61-69. <http://doi.org/10.7851/Ksrp.2016.22.4.061>
- 이규승, 조영길, 조성찬, 박준걸, 김사현, 홍성하. 2016. 『농업기계 임대사업 운영방안 연구』. 농림축산식품부.
- 이중용, 박원규, 김만수, 윤진하, 김상현, 이채식, 유수남, 이승기, 김현태, 김학진, 최규홍, 김경수. 2014. 『발농업 경쟁력 제고를 위한 발농업기계화 촉진방안 및 주요 작목별 기계화전략 도출』. 농림축산식품부.
- 장민기, 이재현. 2011. “농산물 산지출하조직의 농업노동력 지원 필요성과 운영 사례 분석.” 『식품유통연구』 제28권 제4호. pp. 109-128.
- 최용, 전현중, 최일수, 김성우, 김영근, 강태경. 2015. “발작물 농업기계화의 현황과 대책.” 『농정연구』 통권 54호. pp. 163-185.
- 통계청. 2017. 『농작물생산조사』. 국가통계포털(KOSIS).
- 홍순준, 허윤근, 정선옥, 신승엽. 2012. “자료포락분석법을 이용한 농업기계 임대사업의 효율성 분석.” 『농업과학연구』 제39권 제2호. pp. 279-289.

원고 접수일: 2021년 2월 3일
원고 심사일: 2021년 2월 10일
심사 완료일: 2021년 6월 21일

부표 1. 환산계수 적용 시 최대 노동시간 및 가중치

구분		경운정지	파종·정식	비닐피복	방제	수확	제초	계
최대 노동투입 시간	콩	133	188	82	137	272	258	1,069
	감자	184	142	318	144	2,466	273	3,528
	고구마	174	193	271	307	516	199	1,660
	무	225	62	278	403	504	312	1,783
	배추	163	150	270	523	269	171	1,546
	마늘	191	3,537	191	296	4,151	217	8,582
	양파	191	1,458	289	307	4,097	228	6,570
	고추	265	571	393	1,873	1,016	136	4,255
농작업별 가중치1 (환산계수 10.2 적용)	콩	0.124	0.176	0.077	0.128	0.254	0.241	1.000
	감자	0.052	0.040	0.090	0.041	0.699	0.077	1.000
	고구마	0.105	0.116	0.164	0.185	0.311	0.120	1.000
	무	0.126	0.035	0.156	0.226	0.282	0.175	1.000
	배추	0.106	0.097	0.175	0.338	0.174	0.111	1.000
	마늘	0.022	0.412	0.022	0.035	0.484	0.025	1.000
	양파	0.029	0.222	0.044	0.047	0.624	0.035	1.000
	고추	0.062	0.134	0.092	0.440	0.239	0.032	1.000
농작업별 가중치2 (환산계수 20 적용)	콩	0.159	0.115	0.096	0.163	0.166	0.301	1.000
	감자	0.082	0.032	0.140	0.064	0.562	0.119	1.000
	고구마	0.133	0.076	0.206	0.235	0.202	0.149	1.000
	무	0.136	0.019	0.168	0.244	0.250	0.183	1.000
	배추	0.123	0.058	0.201	0.391	0.103	0.124	1.000
	마늘	0.040	0.376	0.038	0.061	0.441	0.044	1.000
	양파	0.050	0.194	0.074	0.080	0.545	0.058	1.000
	고추	0.077	0.085	0.109	0.540	0.151	0.038	1.000
농작업별 가중치3 (환산계수 30 적용)	콩	0.176	0.085	0.106	0.180	0.123	0.330	1.000
	감자	0.102	0.027	0.174	0.080	0.468	0.148	1.000
	고구마	0.147	0.056	0.226	0.259	0.149	0.163	1.000
	무	0.140	0.013	0.172	0.251	0.237	0.187	1.000
	배추	0.130	0.041	0.212	0.414	0.073	0.130	1.000
	마늘	0.055	0.345	0.051	0.084	0.405	0.059	1.000
	양파	0.066	0.172	0.098	0.106	0.483	0.076	1.000
	고추	0.084	0.062	0.117	0.587	0.110	0.040	1.000

주: 음영은 고정적 환산계수 적용.

부표 2. 작목별 최대 노동력 및 농업기계 투입시간(시간/ha)

구분		경운정지	파종·정식	비닐피복	방제	수확	제초	계
최대 노동력 투입시간	콩	388.9	188.2	234.9	399.3	271.6	731.9	2,214.7
	감자	539.0	142.4	916.7	420.4	2,466.3	780.2	5,265.0
	고구마	509.0	193.0	784.6	899.3	516.1	565.2	3,467.2
	무	659.4	62.0	811.1	1,181.4	1,115.7	879.8	4,709.4
	배추	479.1	150.0	782.6	1,527.6	269.0	478.7	3,686.9
	마늘	559.5	3,537.1	522.2	865.4	4,150.8	608.4	10,243.4
	양파	559.5	1,458.0	832.9	898.4	4,097.0	644.5	8,490.3
	고추	778.5	571.0	1,077.5	5,424.5	1,016.0	372.8	9,240.3
최대 농기계 투입시간	콩	13.0	6.3	7.8	13.3	9.1	24.4	73.8
	감자	18.0	4.7	30.6	14.0	82.2	26.0	175.5
	고구마	17.0	6.4	26.2	30.0	17.2	18.8	115.6
	무	22.0	2.1	27.0	39.4	37.2	29.3	157.0
	배추	16.0	5.0	26.1	50.9	9.0	16.0	122.9
	마늘	18.6	35.4	17.4	28.8	41.5	20.3	162.1
	양파	18.6	14.6	27.8	29.9	41.0	21.5	153.4
	고추	25.9	5.7	35.9	180.8	10.2	12.4	271.0

부표 3. 작목별 기계화율(%)

구분		경운정지	파종·정식	비닐피복	방제	수확	제초
2004년	콩	94.5	5.1	40.4	65.9	6.5	16.6
	감자	96.0	2.1	60.5	96.1	55.5	46.9
	고구마	96.2	0.0	41.5	90.7	0.0	4.3
	무	97.6	11.9	71.2	92.8	0.0	27.6
	배추	97.3	0.0	56.6	95.2	0.0	22.3
	마늘	97.6	4.6	15.4	92.3	5.7	58.5
	양파	96.3	0.0	39.2	90.6	0.0	53.9
	고추	95.1	0.0	37.2	79.0	0.0	13.6
	평균	96.4	4.0	46.9	86.9	11.3	30.9
2017년	콩	99.7	25.8	70.2	94.9	33.2	19.7
	감자	99.8	8.7	77.6	93.2	67.0	0.9
	고구마	99.8	0.0	81.1	97.4	52.5	3.3
	무	99.9	0.0	93.0	98.4	14.2	67.9
	배추	99.8	0.0	83.6	94.1	0.0	7.3
	마늘	99.9	15.9	46.8	93.6	36.6	26.9
	양파	99.9	13.1	76.7	97.3	24.2	53.9
	고추	99.8	0.0	47.5	82.8	0.0	4.8
	평균	99.8	8.4	69.8	92.8	25.2	21.3

부표 4. 생산비 절감액 및 절감률 분석 결과(시나리오 1-1)

단위: 천 원

구분		경운 정지	파종 정식	비닐 피복	방제	수확	제초	계
기준 연도 (2004)	콩	584	536	548	549	513	404	3,133
	감자	584	548	480	585	256	464	2,917
	고구마	584	531	450	565	433	426	2,990
	무	585	574	519	564	251	396	2,889
	배추	586	544	487	568	508	477	3,171
	마늘	586	282	456	570	233	513	2,640
	양파	584	457	436	565	216	500	2,757
	고추	579	538	384	243	497	492	2,734
	계(A)	4,671	4,010	3,760	4,209	2,907	3,672	23,229
평가 연도 (2017)	콩	557	546	560	551	529	396	3,138
	감자	537	550	448	546	138	354	2,574
	고구마	541	531	476	486	489	422	2,945
	무	521	571	491	450	281	438	2,751
	배추	545	544	480	391	508	452	2,921
	마늘	534	299	482	484	297	438	2,534
	양파	534	469	461	486	272	464	2,686
	고추	506	538	359	-267	497	481	2,114
	계(B)	4,275	4,050	3,757	3,127	3,011	3,444	21,663
생산비 절감액	콩	27	-10	-12	-2	-16	8	-5
	감자	47	-3	32	39	118	110	342
	고구마	43	0	-26	79	-56	4	45
	무	64	2	29	115	-30	-42	138
	배추	41	0	7	177	0	25	250
	마늘	52	-17	-26	86	-64	75	106
	양파	49	-12	-25	79	-56	36	72
	고추	73	0	25	510	0	11	619
	계(C)	397	-40	3	1,082	-104	228	1,566
절감률(C/A*100)		8.5	-1.0	0.1	25.7	-3.6	6.2	6.7 (평가지표)

부표 5. 생산비 절감액 및 절감률 분석 결과(시나리오 2-1)

단위: 천 원

구분		경운 정지	파종 정식	비닐 피복	방제	수확	제초	계
기준 연도 (2004)	콩	627	544	564	584	524	441	3,283
	감자	644	553	557	632	454	521	3,362
	고구마	641	539	505	661	452	449	3,247
	무	660	576	594	693	292	448	3,263
	배추	640	550	550	737	518	503	3,499
	마늘	649	325	481	664	285	564	2,968
	양파	646	473	493	661	262	551	3,086
	고추	665	544	455	777	509	510	3,460
	계(A)	5,171	4,105	4,199	5,410	3,297	3,986	26,169
평가 연도 (2017)	콩	607	557	584	601	548	437	3,334
	감자	607	557	549	599	385	384	3,080
	고구마	607	539	565	601	534	445	3,290
	무	607	574	591	602	337	527	3,238
	배추	607	550	570	582	518	473	3,302
	마늘	607	355	524	592	386	476	2,940
	양파	607	491	552	601	346	520	3,117
	고추	607	544	447	355	509	496	2,959
	계(B)	4,858	4,167	4,382	4,533	3,561	3,757	25,258
생산비 절감액	콩	19	-14	-20	-17	-23	4	-50
	감자	36	-4	8	33	69	138	281
	고구마	34	0	-60	61	-81	4	-43
	무	52	3	3	91	-45	-79	25
	배추	33	0	-20	155	0	30	197
	마늘	42	-29	-43	72	-101	87	29
	양파	39	-18	-59	60	-84	30	-31
	고추	58	0	8	422	0	14	502
	계(C)	313	-61	-183	877	-264	229	910
절감률(C/A*100)		6.1	-1.5	-4.4	16.2	-8.0	5.7	3.5 (평가지표)

부표 6. 생산비 절감액 및 절감률 분석 결과(시나리오 1-2)

단위: 천 원

구분		경운 정지	파종 정식	비닐 피복	방제	수확	제초	계
기준 연도 (2004)	콩	584	536	548	549	513	404	3,133
	감자	584	548	480	585	256	464	2,917
	고구마	584	531	450	565	433	426	2,990
	무	585	574	519	564	251	396	2,889
	배추	586	544	487	568	508	477	3,171
	마늘	586	282	456	570	233	513	2,640
	양파	584	457	436	565	216	500	2,757
	고추	579	538	384	243	497	492	2,734
	계(A)	4,671	4,010	3,760	4,209	2,907	3,672	23,229
평가 연도 (2017)	콩	488	479	491	483	464	347	2,752
	감자	471	483	393	479	121	311	2,258
	고구마	474	466	418	426	429	370	2,583
	무	457	501	430	394	246	384	2,413
	배추	478	478	421	343	446	396	2,562
	마늘	469	263	423	424	260	384	2,223
	양파	469	412	404	426	239	407	2,356
	고추	443	472	315	-234	436	422	1,855
	계(B)	3,750	3,553	3,295	2,743	2,642	3,021	19,003
생산비 절감액	콩	95	57	57	65	49	57	381
	감자	113	65	87	106	135	153	658
	고구마	110	65	33	139	4	55	406
	무	128	72	89	170	4	12	476
	배추	108	67	66	225	62	81	608
	마늘	117	20	33	146	-28	129	417
	양파	115	45	32	139	-22	93	401
	고추	135	66	69	477	61	71	879
	계(C)	922	457	465	1,466	266	651	4,226
절감률(C/A*100)		19.7	11.4	12.4	34.8	9.1	17.7	18.2 (평가지표)

부표 7. 생산비 절감액 및 절감률 분석 결과(시나리오 2-2)

단위: 천 원

구분		경운 정지	파종 정식	비닐 피복	방제	수확	제초	계
기준 연도 (2004)	콩	632	537	560	583	515	420	3,247
	감자	651	548	552	638	435	512	3,336
	고구마	648	531	493	671	433	429	3,206
	무	669	574	594	707	251	428	3,224
	배추	647	544	545	758	508	491	3,493
	마늘	657	288	466	674	242	560	2,888
	양파	654	457	479	671	216	545	3,022
	고추	675	538	437	803	497	499	3,449
	계(A)	5,234	4,019	4,126	5,506	3,098	3,883	25,867
평가 연도 (2017)	콩	533	484	510	527	474	364	2,891
	감자	533	484	475	524	311	311	2,638
	고구마	533	466	490	526	460	372	2,848
	무	533	501	517	528	264	453	2,795
	배추	533	478	496	508	446	400	2,861
	마늘	533	282	451	517	312	403	2,498
	양파	533	418	478	526	273	447	2,674
	고추	533	472	374	281	436	424	2,519
	계(B)	4,261	3,586	3,790	3,937	2,977	3,174	21,724
생산비 절감액	콩	99	53	50	56	41	56	356
	감자	119	64	78	114	124	200	698
	고구마	116	65	3	145	-27	57	358
	무	137	73	78	180	-14	-25	429
	배추	114	67	48	250	62	91	633
	마늘	125	7	16	157	-70	157	390
	양파	121	39	1	145	-57	99	348
	고추	143	66	63	523	61	75	931
	계(C)	973	433	336	1,569	121	710	4,143
절감률(C/A*100)		18.6	10.8	8.1	28.5	3.9	18.3	16.0 (평가지표)

