Korean J. Org. Agric.
Volume 26, Number 4: 619-628, November 2018
http://dx.doi.org/10.11625/KJOA.2018.26.4.619

ISSN 1229-3571 (Print)
ISSN 2287-819X (Online)

작목별 비료투입에 따른 경제적 효과 추정*

이상호** · 송경환***

The Economic Effects of Chemical Fertilizer in Big Data

Lee, Sang-Ho · Song, Kyung-Hwan

This study analyze the economic effect of chemical fertilizer. We used the input and output data, and the analysis variables include production output nitrogen, phosphoric acid, potassium, seeds, and labor. The main results are as follows. First, for spring potatoes, potassium increases to a certain level of output, but over a certain stage, the output decreases as the input increases. Optimal use of potassium in the calculation of spring potatoes can achieve the effect of reducing input costs and increasing output simultaneously. Second, radish In autumn, nitrogen increases to a certain level, but over a certain stage it represents a reverse U-shaped relationship in which output decreases as input increases. This means that reducing the amount of fertilizer input increases the output. This means that soil-related agricultural big data can contribute to the management of nutrients and greenhouse gas reduction in agricultural land.

Key words : *chemical fertilizer, management of nutrient, greenhouse gas reduction, economic effect*

Ⅰ. 서 론

4차 산업혁명의 핵심은 빅데이터 분석에 기반한 정보활용에 달려있다. 오늘날 농업부문은 스마트 팜, 스마트 축사 등 정보통신기술을 접목해 빅데이터 기반을 구축하고 있다.

토양검정사업은 대표필지 중심의 토양검정을 통해 비료공급 정책지원에도 활용가능하다. 법정 동·리별 석회·규산질 비료 공급량 산정을 통해 지력 증진에 기반한 생산증대에

* 본 논문은 농촌진흥청 연구사업(세부과제번호 : PJ01283103)의 지원에 의해 이루어진 것임.
** 주저자, 영남대학교 식품경제외식학과 부교수
*** Corresponding author, 순천대학교 농업경제학과 교수(skh@sunchon.ac.kr)

기여할 수 있다. 마지막으로 토양검정사업의 편익은 필지별 토양 빅데이터 구축이 가능한데, 즉 pH, EC, 유기물, 유효인산, 치환성 양이온, 유효규산 등 8종의 정보 구축을 통해 귀농인, 신규 창업농업인에게 유용한 정보가치를 제공한다.

토양검정사업에 기반한 비료시비처방서는 적정시비를 통해 비료사용량 절감 효과가 있다. 적정시비의 편익은 크게 경제적 편익과 환경적 편익으로 구분되며, 경제적 편익은 농업인의 비료 사용 절감을 통한 경제적 비용 감소와 비료절감에 따른 생산성 증대를 통해 나타난다. 환경적 편익은 적정시비를 통한 양분수지 균형에 따른 환경개선효과로 계측된다. 구체적인 환경편익의 내용은 잉여양분에 따른 수계오염 개선과 질소성분의 대기유출에 따른 온실가스 발생을 줄일 수 있다.

캘리포니아 농경지는 비료를 통해 1 ha당 매년 평균 131.8 kg의 질소 성분을 공급받으며 평균 19.8 kg의 질소산화물을 방출하고 있었다. 질소산화물 방출은 비료가 살포되는 시기에 가장 집중적으로 이뤄지는 것으로 파악됐다. 2016년 기준 한국의 농경지에는 총 45만t, 1 ha당 평균 268 kg의 화학비료 성분이 투입됐다. 이 화학비료 성분 가운데 질소 성분이 약 58.7%인 것을 고려하면, 농경지 1 ha에 화학비료로 투입된 질소는 157.3 kg으로 계산된다 (한겨레신문, 2018).

농업생산과 산출에 관련된 선행연구를 살펴보면, Son 등(2009)은 오리제초 수도작의 비료소비량과 물질수환, 환경친화성에 대해 분석하였다. 즉 오리제초가 환경과 경제성에 미치는 영향을 분석하였다. Kim 등(2011)은 생애주기과정 평가를 통해 방울토마토 생산에서 발생하는 탄소배출량을 산출하였다. 즉 비료투입과 여타 생산요소 투입에 따른 탄소배출량의 관계를 분석하였다. Ko (2010)는 제주 당근의 요소투입과 산출의 관계를 분석하였다. 출하형태별 투입 특징을 살펴보면 포전출하가 다른 출하형태와 비교해 보다 많은 비료를 사용하는 것으로 분석하였다. 기존 선행연구는 비료 투입과 산출의 관계를 계량적으로 추정하지 못한 한계점이 있다.

이 논문에서는 주요 작목별 비료사용 실태를 살펴보고, 비료투입에 따른 경제적 효과를 계량모형을 통해 추정한다. 이를 통해 주요 작목별 비료투입과 산출의 인과관계를 규명하고, 적정시비의 중요성을 제시하고자 한다.

Ⅱ. 작목별 비료사용 실태

2000년 이후 무기질 비료비 투입 증대 등으로 생산비용 증가에 따른 농가 수익성이 악화되고 있다. 이는 토양검정 정보 등 농업 빅데이터의 미활용으로 인한 과다시비로 잔여 양분에 따른 염류집적과 연작피해가 발생하고 있다.

농업경영에 있어 무기질 비료의 과다 투입으로 인한 비용발생 증가와 농업소득 정체 현

상도 더불어 발생하고 있는 실정이다. 시설원예의 경우 토양검정에 기반하지 않은 시비로 인해 염류집적과 생산감소로 농업경영 효율성 저하의 원인이 되고 있다.

시설토마토(반촉성) 300평 기준 무기질 비료비는 2001년 126,648원에서 2015년에는 411,657원으로 증가하였다. 무기질 비료비가 중간재비에서 차지하는 비중은 2001년 3.97%에서 2015년에는 6.41%로 상승하였다. 여타 생산요소보다 무기질 비료비 증가 비율이 높다는 것을 알 수 있다. 농업소득에서 무기질비료비가 차지하는 비중은 2001년에는 2.72%였으나 2015년에는 5.09%로 증가하고 있다.

Table 1. Changes in the percentage of fertilizer costs in tomato

(Unit : Won 10a, %)

	Fertilizer cost (A)	Intermediate expenses (B)	Operating costs (C)	Income (D)	A/B	A/C	A/D
2001	126,648	3,189,230	3,700,690	4,649,707	3.97	3.42	2.72
2002	124,185	3,224,989	3,676,625	5,683,558	3.85	3.38	2.18
2003	192,227	3,868,552	4,366,805	7,323,891	4.97	4.40	2.62
2004	144,123	3,941,679	4,444,407	6,939,303	3.66	3.24	2.08
2005	136,866	3,721,568	4,228,367	6,024,253	3.68	3.24	2.27
2006	164,161	3,695,040	4,305,457	6,033,663	4.44	3.81	2.72
2007	169,227	4,423,160	5,157,408	5,408,709	3.83	3.28	3.13
2008	226,443	5,018,828	5,791,657	5,627,684	4.51	3.91	4.02
2009	233,693	5,770,813	6,739,008	6,104,161	4.05	3.47	3.83
2010	246,175	5,489,170	6,139,187	7,087,234	4.48	4.01	3.47
2011	297,533	5,739,920	6,421,198	7,639,022	5.18	4.63	3.89
2012	367,919	6,956,216	7,742,862	9,624,821	5.29	4.75	3.82
2013	363,181	7,544,759	8,480,827	8,714,590	4.81	4.28	4.17
2014	330,261	6,341,902	7,346,244	6,918,815	5.21	4.50	4.77
2015	411,657	6,418,202	7,563,318	8,089,567	6.41	5.44	5.09

Source : Farm Income survey by Rural Development Administration

시설토마토(촉성) 300평 기준 무기질 비료비는 2001년 132,872원에서 2015년에는 650,045원으로 증가하였다. 무기질 비료비가 중간재비에서 차지하는 비중은 2001년 2.78%에서 2015년에는 6.19%로 상승하였다. 여타 생산요소보다 무기질 비료비 증가 비율이 높다는 것을 알 수 있다. 농업소득에서 무기질비료비가 차지하는 비중은 2001년에는 2.27%였으나 2015년에는 5.00%로 증가하고 있다.

Table 2. Changes in the percentage of fertilizer costs in tomato (promotion of growth)

(Unit : Won 10a, %)

	Fertilizer cost (A)	Intermediate expenses (B)	Operating costs (C)	Income (D)	A/B	A/C	A/D
2001	132,872	4,773,769	5,136,880	5,864,520	2.78	2.59	2.27
2002	163,765	4,933,115	5,448,445	8,562,090	3.32	3.01	1.91
2003	179,001	4,636,824	5,137,755	7,302,465	3.86	3.48	2.45
2004	291,684	5,376,119	5,887,369	8,353,481	5.43	4.95	3.49
2005	216,855	6,300,221	6,856,773	7,652,731	3.44	3.16	2.83
2006	183,960	5,716,353	6,302,682	8,440,113	3.22	2.92	2.18
2007	173,655	6,266,730	6,974,822	7,049,671	2.77	2.49	2.46
2008	174,651	7,963,420	8,824,151	6,990,886	2.19	1.98	2.50
2009	182,092	7,785,978	8,688,140	8,476,323	2.34	2.10	2.15
2010	301,944	8,238,830	9,265,268	8,893,891	3.66	3.26	3.39
2011	292,755	8,299,191	9,738,410	7,934,790	3.53	3.01	3.69
2012	378,945	10,320,395	11,939,528	9,743,549	3.67	3.17	3.89
2013	502,440	13,046,902	15,684,160	11,148,800	3.85	3.20	4.51
2014	776,775	10,716,240	13,247,892	12,425,404	7.25	5.86	6.25
2015	650,045	10,499,197	12,759,697	12,997,458	6.19	5.09	5.00

Source : Farm Income survey by Rural Development Administration

시설참외 300평 기준 무기질 비료비는 2001년 88,685원에서 2015년에는 390,360원으로 증가하였다. 무기질 비료비가 중간재비에서 차지하는 비중은 2001년 5.76%에서 2015년에는 11.42%로 상승하였다. 여타 생산요소보다 무기질 비료비 증가 비율이 높다는 것을 알 수 있다. 농업소득에서 무기질비료비가 차지하는 비중은 2001년에는 3.26%였으나 2015년에는 6.55%로 증가하고 있다.

Table 3. Changes in the percentage of fertilizer costs in oriental melon

(Unit : Won 10a, %)

	Fertilizer cost (A)	Intermediate expenses (B)	Operating costs (C)	Income (D)	A/B	A/C	A/D
2001	88,685	1,538,831	1,797,498	2,721,646	5.76	4.93	3.26
2002	91,930	1,521,549	1,797,719	3,054,271	6.04	5.11	3.01
2003	98,266	1,524,879	1,791,276	3,013,646	6.44	5.49	3.26
2004	121,168	1,564,415	1,882,801	3,366,629	7.75	6.44	3.60

	Fertilizer cost (A)	Intermediate expenses (B)	Operating costs (C)	Income (D)	A/B	A/C	A/D
2005	112,038	1,617,502	1,927,744	3,647,168	6.93	5.81	3.07
2006	97,230	1,724,127	2,058,244	3,801,635	5.64	4.72	2.56
2007	120,819	2,027,609	2,406,936	3,745,233	5.96	5.02	3.23
2008	131,980	2,184,056	2,656,555	4,031,155	6.04	4.97	3.27
2009	181,345	2,286,141	2,770,680	4,298,687	7.93	6.55	4.22
2010	219,698	2,508,809	2,985,669	4,416,558	8.76	7.36	4.97
2011	259,127	2,915,461	3,428,309	4,892,377	8.89	7.56	5.30
2012	288,953	2,964,847	3,473,117	6,144,109	9.75	8.32	4.70
2013	367,207	3,352,414	3,925,572	6,661,876	10.95	9.35	5.51
2014	353,314	3,303,221	3,924,949	5,810,723	10.70	9.00	6.08
2015	390,360	3,418,450	4,038,791	5,962,781	11.42	9.67	6.55

Source : Farm Income survey by Rural Development Administration

Ⅲ. 비료투입의 경제적 효과

이 논문에서 이용한 자료는 농촌진흥청 농축산물 소득조사 자료를 이용하였다. 분석변수는 생산량, 질소, 인산, 칼륨, 종자(종묘), 노동 등이다. 분석모형은 다중회귀분석모형을 사용하였으며, 비료 및 종자투입과 산출의 관계를 분석하기 위하여 2가지 모형을 설정하였다.

모형 1은 생산요소 투입과 산출의 선형관계를 가정하였다. 자유처분가정에 따라 한계생산이 마이너스(-)가 되는 비합리적 영역이 없다는 것이다. 즉 투입요소가 늘어날수록 산출량도 양(+)의 관계에 있다는 것을 의미한다. 투입과 산출의 추정식은 식 (1)과 같으며, 추정방법은 최소자승법을 적용하였다.

(1) $$Y_i = \beta_0 + \beta_1 N_i + \beta_2 P_i + \beta_3 K_i + \beta_4 Seed_i + \beta_5 Labor_i + \epsilon$$

단, Y_i : 생산량, N_i: 질소비료, P_i: 인산비료, K_i: 칼륨비료,
$Seed_i$: 종자, $Labor_i$: 노동

ϵ = 교란항, $\epsilon \sim iidN(0,\ \sigma_\epsilon^2)$

모형 2은 투입요소(비료 및 종자)와 산출의 2차 함수, 즉 역 U자형 형태를 반영하였다. 이는 투입요소가 증가하여 일정수준이 지나면 오히려 산출이 감소하는 특성을 모형에 포함

하였다. 투입과 산출의 추정식은 식 (2)와 같으며, 추정방법은 최소자승법을 적용하였다.

$$(2) \qquad Y_i = \beta_0 + \beta_1 N_i + \beta_2 P_i + \beta_3 K_i + \beta_4 N_i^2 + \beta_5 P_i^2 + \beta_6 K_i^2 + \beta_7 Seed_i + \beta_8 Seed_i^2 + \beta_9 Labor_i + \epsilon$$

단, Y_i : 생산량, N_i: 질소비료, P_i: 인산비료, K_i: 칼륨비료,
$Seed_i$: 종자, $Labor_i$: 노동
ϵ = 교란항, $\epsilon \sim iidN(0,\ \sigma_\epsilon^2)$

1. 봄감자

봄감자 산출에 영향을 미치는 요인은 모형 1에서는 종자, 노동이 유의한 변수로 나타났다. 종자 투입량이 증가할수록 봄감자 산출은 증가하는 것으로 분석되었으며, 노동 투입시간이 증가할수록 봄감자 산출은 증가하는 것으로 나타났다.

모형 2에서는 비료투입, 종자와 산출관계를 분석하기 위하여 U자 또는 역 U자형 변수를 도입하였다. 분석결과 종자와 노동, 칼륨이 통계적으로 유의한 것으로 나타났다.

Table 4. The economic effect of fertilizer inputs on spring potatoes

	Model 1		Model 2	
	Coefficients	t-value	Coefficients	t-value
Nitrogen	2.41	0.51	-12.21	-0.64
Potassium	3.41	0.78	80.83*	1.79
Phosphoric acid	-4.06	-0.87	3.98	0.21
Seed	4.58***	3.92	11.12***	2.98
Nitrogen×Nitrogen	-	-	0.10	1.01
Potassium×Potassium	-	-	-0.46*	-1.81
phosphoric acid×phosphoric acid	-	-	-0.10	-0.94
Seed×Seed	-	-	-0.02*	-1.94
Labor	13.75***	3.86	12.51***	3.50
Constant	1300.79***	6.88	672.58**	2.08
Sample	137			
R^2	0.21		0.24	
F-value	8.29		5.71	

Note : ***, **, * denotes 1%, 5%, 10% statistically significant

특히 칼륨은 일정수준까지는 산출량이 증가하지만, 일정단계를 지나면 오히려 투입량이 증가할수록 산출이 감소하는 역 U자형 관계를 나타내고 있다. 봄감자 산출에 있어 칼륨의 적정 시비는 투입비용의 절감과 산출량 증대라는 효과를 동시에 달성할 수 있다.

종자와 산출의 관계도 역 U자형 관계를 나타내고 있다. 이는 종자투입량도 과다투입이 되면 오히려 산출이 감소한다는 것을 의미한다.

2. 가을무

가을무 산출에 영향을 미치는 요인은 모형 1에서는 인산, 노동이 유의한 변수로 나타났다. 인산 투입량이 증가할수록 가을무 산출은 증가하는 것으로 나타났으며, 노동 투입시간이 증가할수록 가을무 산출은 증가하는 것으로 분석되었다.

모형 2에서는 비료투입, 종자와 산출관계를 분석하기 위하여 U자 또는 역 U자형 변수를 도입하였다. 분석결과 질소, 종자, 노동이 통계적으로 유의한 것으로 나타났다.

질소는 일정수준까지는 산출량이 증가하지만, 일정단계를 지나면 오히려 투입량이 증가할수록 산출이 감소하는 역 U자형 관계를 나타내고 있다. 가을무 산출에 있어 질소의 적정 시비는 투입비용의 절감과 산출량 증대라는 효과를 동시에 달성할 수 있다.

Table 5. The economic effect of fertilizer inputs on autumn radish

	Model 1		Model 2	
	Coefficients	t-value	Coefficients	t-value
Nitrogen	31.16	1.04	181.04**	2.40
Potassium	-38.12	-1.38	-34.92	-0.37
Phosphoric acid	54.59**	2.07	31.45	0.48
Seed	1.04	1.64	5.11**	2.26
Nitrogen×Nitrogen	-	-	-3.72**	-2.08
Potassium×Potassium	-	-	-0.11	-0.06
phosphoric acid×phosphoric acid	-	-	0.34	0.24
Seed×Seed	-	-	-0.003*	-1.86
Labor	15.00**	2.06	13.69*	1.86
Constant	3475.29***	6.40	1822.95**	2.02
Sample	69			
R^2	0.18		0.21	
F-value	3.98		3.95	

Note : ***, **, * denotes 1%, 5%, 10% statistically significant

종자와 산출의 관계도 역 U자형 관계를 나타내고 있다. 이는 종자투입량도 과다투입이 되면 오히려 산출이 감소한다는 것을 의미한다.

3. 토마토(반촉성)

토마토 산출에 영향을 미치는 요인은 모형 1에서는 칼륨, 인산, 종자가 유의한 변수로 나타났다. 인산, 종자 투입량이 증가할수록 토마토 산출은 증가하는 것으로 나타났다. 칼륨 투입량이 증가할수록 토마토 산출은 감소하는 것으로 분석되었다.

모형 2에서는 비료투입, 종자와 산출관계를 분석하기 위하여 U자 또는 역 U자형 변수를 도입하였다. 분석결과 칼륨, 종자가 통계적으로 유의한 것으로 나타났다.

종자 투입은 일정수준까지는 산출량이 증가하지만, 일정단계를 지나면 오히려 투입량이 증가할수록 산출이 감소하는 역 U자형 관계를 나타내고 있다.

Table 6. The economic effect of fertilizer inputs on tomato

	Model 1		Model 2	
	Coefficients	t-value	Coefficients	t-value
Nitrogen	-31.24	-1.29	9.33	0.15
Potassium	-20.97**	-2.07	-40.65*	-1.82
Phosphoric acid	60.06*	1.72	38.98	0.42
Seed	0.44***	2.89	1.27***	3.79
Nitrogen×Nitrogen	-	-	-0.37	-0.46
Potassium×Potassium	-	-	0.04	0.40
phosphoric acid×phosphoric acid	-	-	0.44	0.27
Seed×Seed	-	-	-0.0001***	-2.75
Labor	0.44	0.32	1.01	0.74
Constant	6600.04***	8.76	5157.54***	5.33
Sample	67			
R^2	0.14		0.20	
F-value	3.18		2.89	

Note : ***, **, * denotes 1%, 5%, 10% statistically significant

Ⅳ. 요약 및 결론

오늘날 농업부문의 투입과 산출에 관한 빅데이터는 갈수록 증가하고 있다. 특히 최근 화학비료의 투입은 농산물 산출에만 영향을 미치는 경제적 효과만을 가지는 것이 아니다. 최근 질소 비료가 질소산화물을 배출한다는 결과에서 알 수 있듯이 비료투입의 환경적 효과도 면밀히 검토해야 한다.

주요 분석결과를 정리하면 다음과 같다. 첫째, 농업경영에 있어 무기질 비료의 과다 투입으로 인한 비용발생 증가와 농업소득 정체 현상도 더불어 발생하고 있는 실정이다. 시설토마토(반촉성) 300평 기준 무기질 비료비는 2001년 126,648원에서 2015년에는 411,657원으로 증가하였다. 농업소득에서 무기질비료비가 차지하는 비중은 2001년에는 2.72%였으나 2015년에는 5.09%로 증가하고 있다.

둘째, 봄 감자의 경우 칼륨은 일정수준까지는 산출량이 증가하지만, 일정단계를 지나면 오히려 투입량이 증가할수록 산출이 감소하는 역 U자형 관계를 나타내고 있다. 봄감자 산출에 있어 칼륨의 적정 시비는 투입비용의 절감과 산출량 증대라는 효과를 동시에 달성할 수 있다.

셋째, 가을무의 경우 질소는 일정수준까지는 산출량이 증가하지만, 일정단계를 지나면 오히려 투입량이 증가할수록 산출이 감소하는 역 U자형 관계를 나타내고 있다. 가을무 산출에 있어 질소의 적정 시비는 투입비용의 절감과 산출량 증대라는 효과를 동시에 달성할 수 있다.

이상의 분석결과를 바탕으로 다음과 같은 정책함의를 제시하고자 한다. 첫째, 비료투입과 산출은 역 U자형 관계가 있는 것으로 분석되었다. 이는 비료투입을 감소시키는 것이 오히려 산출을 증가시킨다는 것을 의미한다. 경제적 측면에서도 비료투입 감소와 산출증가라는 측면에서 토양검정에 기반한 농업 빅데이터 활용이 중요하다는 것을 알 수 있다.

둘째, 비료투입의 감소가 농산물 생산을 증가시킨다는 것은 경제적 손실없이 적정시비를 통해 양분수지균형 및 대기오염 감소가 가능하다는 것이다. 이는 토양관련 농업 빅데이터를 통해 농경지의 양분관리 및 온실가스 감축에 기여할 수 있다는 것을 의미한다.

[Submitted, November. 3, 2018 ; Revised, November. 21, 2018 ; Accepted, November. 22, 2018]

References

1. Ko, S. H. 2010. The Characteristics and Implication of Input-Output for Jeju Carrot by Shipp-

ing Type. Journal of Food Marketing. 27(3): 25-43.
2. Kim, Y. R. and S. Y. Yoon. 2011. Estimation of Carbon Footprint in Cherry-tomato Production System and Carbon Labelling in Agriculture Product. Korea Journal of Organic Agriculture. 19(3): 291-308.
3. Sa, D. M, J. M. Jung, and K. H. Han. 2008. Effect of Livestock Manure on Yield of Plant and Change in Physio-chemical Properties of Soil. Korea Soil Fertilizer Association.
4. Son, S. M, K. S, Lim, and Y. H. Kim. 2001. Yield of Rice, Analysis of Economics and Environmental Impact in Duck-Paddy Rice. Korea Journal of Organic Agriculture. 9(3): 47-73.
5. Yoon, S. Y. and H. J. Kwok. 2011. A Study on the Amount of Carbon Emission of Organic Materials through Life-Cycle Assessment (LCA). Korea Journal of Organic Agriculture. 19(1): 23-38.