



장려상

실측기반 생육정보와 기상정보를 고려한
양파 생산 단수 예측 및 사회후생효과 추정

문지혜 · 정채은

실측기반 생육정보와 기상정보를 고려한 양파 생산 단수 예측 및 사회후생효과 추정

문지혜* 정채은**

Key words

단수 예측(yield estimation), 실측기반 생육요인(actual growth factor), 기상요인(meteorological factor), 사회후생효과(social welfare effects)

ABSTRACT

In order to stabilize the supply and demand of agricultural products, it is important to take a preemptive response through accurate production forecasting. Onions have been an item with high price volatility since the past. As one of the representative methods of stabilizing supply and demand, KREI's agricultural outlook service advanced agricultural outlook service by introducing an actual survey system. The purpose of this study is to predict onion yield and analyze the economic feasibility using onion growth data and meteorological data obtained through the actual survey. Accordingly, onion yield using actual growth data, onion yield using meteorological data, and onion yield using hybrid data (the actual growth data, meteorological data) were respectively estimated and the predictive power was compared. As a result of the analysis, the hybrid model using actual growth data and weather data had the best predictive power. Finally, the maximum social welfare effect of the predicted values using growth data and meteorological data was estimated to be about KRW 25 billion. This study is meaningful in that it verified the economic effect of the hybrid model by estimating the social welfare effect of predicted values using actual growth data and meteorological data.

차례

- | | |
|------------|--------------|
| 1. 서론 | 4. 추정 결과 |
| 2. 선행연구 검토 | 5. 사회후생효과 분석 |
| 3. 분석 모형 | 6. 요약 및 결론 |

* 전남대학교 농업경제학과 석사과정

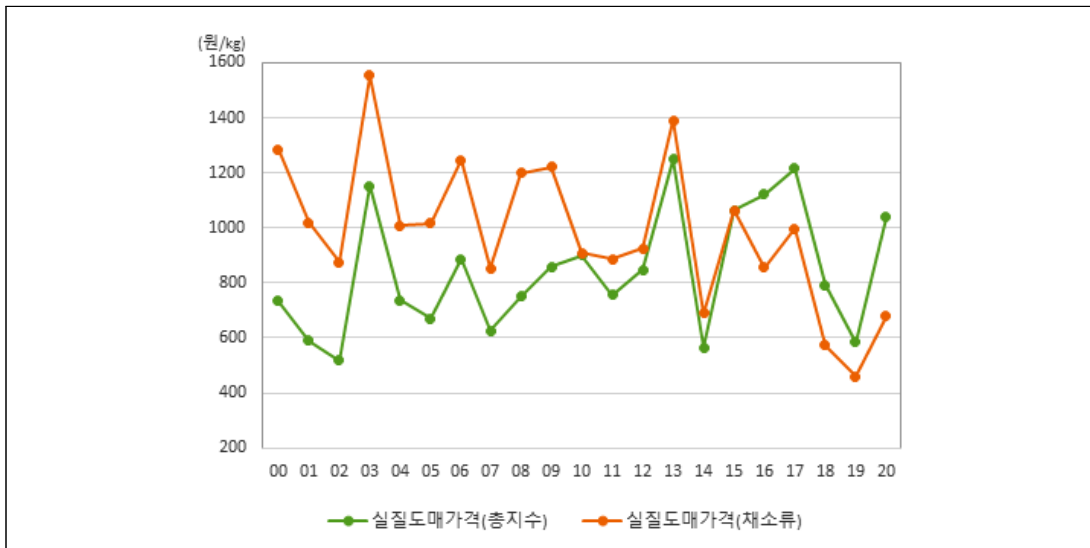
** 전남대학교 농업경제학과 석사과정

1. 서론

정부의 5대 수급관리 채소인 양파, 배추, 무, 고추, 마늘은 국민생활과 밀접한 관계가 있으며 수급과 가격 변동이 큰 품목으로 전체 채소류의 가격안정을 위해 필수적인 품목이다. 그 중 양파는 평균 자급률('15~'19)이 92%로 수입의 영향이 비교적 낮다. 농산물 특성상 수요가 일정하다고 가정한다면, 양파 수급 및 가격 변동의 원인은 주로 공급측면에서 발생한다고 볼 수 있다(남국현 외 2015).

양파는 재배면적 변동이 심하고 가격의 폭·등락 현상이 반복되고 있다(그림 1). 2019년 양파 도매가격은 평년 대비 45.1% 하락하며 '양파 가격 파동'을 겪었다. 주된 원인은 기상 호조로 인한 과잉생산이었다. 공급측면에서 정확한 단수예측이 이루어진다면 농산물의 선제적인 수급 안정대책 수립이 가능할 것으로 짐작할 수 있는 부분이다. 단수예측은 기상, 환경, 기타 인자들의 관계를 기반으로 개발된 모형을 통해 이루어지나, 기상이변으로 인한 생산량 증감 등 변수가 많아 단수예측이 어려운 실정이다.

그림 1. 양파 연도별 가격 변화



주: 실질도매가격은 도매가격을 총 생산자물가지수 및 채소류 생산자물가지수로 디플레이트 하였음(2015=100).

자료: 통계청: aT KAMIS

양파 수급 및 가격 예측의 어려움에 대응하여 정부는 정부수매, 산지폐기, 농산물 수급조절 매뉴얼 운영 등을 통해 안정화를 도모하고 있다. 대표적인 수급 안정화 방안 중 하나로 한국농촌경제연구원 농업관측본부가 주관하여 국내 농산물 생산 및 가격 예측을 실시하고 있다. 농업관측본부는 2020년부터 실측기반 산지정보 조사체계를 도입하여 농업관측사업을 고도화시켰으며, 실측조사 자료를 농업관측통계시스템에 공개하고 있다.

본 연구의 목적은 양파를 대상으로 실측기반 생육자료 및 기상자료를 활용하여 단수를 예측하는 것이다. 실측기반 생육자료를 활용하기 위해 양파의 생물학적 생육주기를 살펴보고자 한다.

그림 2. 농업관측통계시스템 생육 실측조사 결과 자료

년도	조사일자	원지ID	품목	NO	반복	개체번호	시도	시군구	종종	조사일
2020	2	41	양파	41	2	8	전라남도	무안군	조생종	2020-03-02
2020	2	41	양파	41	2	9	전라남도	무안군	조생종	2020-03-02
2020	2	41	양파	41	2	10	전라남도	무안군	조생종	2020-03-02
2020	2	41	양파	41	3	1	전라남도	무안군	조생종	2020-03-02
2020	2	41	양파	41	3	2	전라남도	무안군	조생종	2020-03-02
2020	2	41	양파	41	3	3	전라남도	무안군	조생종	2020-03-02
2020	2	41	양파	41	3	4	전라남도	무안군	조생종	2020-03-02
2020	2	41	양파	41	3	5	전라남도	무안군	조생종	2020-03-02
2020	2	41	양파	41	3	6	전라남도	무안군	조생종	2020-03-02
2020	2	41	양파	41	3	7	전라남도	무안군	조생종	2020-03-02
2020	2	41	양파	41	3	8	전라남도	무안군	조생종	2020-03-02

자료: 농업관측통계시스템(<https://oasis.krei.re.kr/>)

양파의 생육주기¹⁾는 크게 영양생장기와 생식생장기로 구분할 수 있다. 영양생장기는 다시 육묘기-활착기-월동기-경엽신장기로 구분되며, 생식생장기는 구 비대기-휴면기 등으로 구분된다.

육묘기는 씨앗이 발아해서 본 밭에 아주심기(정식)를 하기 전까지이며, 활착기는 정식 후 토양의 양분과 수분의 흡수기능이 발휘되는 시기, 월동기는 12월부터 2월 초까지이다. 경엽신장기는 월동기 이후의 뿌리와 잎의 생장이 빨라지는 시기이며, 특히 양파의 지상부와 뿌리가 자라는 시기이다. 양파 뿌리의 생육은 잎보다 약 20일 일찍 진행된다. 뿌리의 생육에 적합한 기온은 15~20℃ 이고, 그 이상 고온이 되면 성숙한 뿌리의 노화 속도가 어린뿌리의 발생보다

1) 이종태(2015), 나우현(2000)을 참고하여 요약 정리하였다.

빨라져 뿌리의 활력이 떨어진다. 잎이 눈에 띄게 신장을 시작하는 것은 3월 중순 이후이다. 온도가 높아지면 신장이 증가해서 엽장도 길어지는 경향이 있으나, 25℃ 이상이 되면 잎의 신장도 감소해서 엽장도 짧아진다. 엽수는 고온일수록 증가가 현저하나 25℃를 넘거나 저온에서는 억제된다. 잎 수와 구의 크기는 비례하며 잎에 난 상처는 구의 비대에 나쁜 영향을 미친다. 상품성 있는 구로 키우기 위해서는 최소한 6~8매의 잎 수를 확보해야 한다.

구 비대기는 비늘잎이 형성되면서 시작된다. 특히 중만생종 양파는 12.5~13.5시간의 해길 이과 20℃ 정도의 낮 온도가 충족되어야 비늘잎이 형성되는데, 비늘잎 형성과 그 후의 구 비대에는 해길이와 온도 조건이 모두 갖춰져야 한다. 구 비대기에 잦은 강우는 습해를 발생시켜 구 비대를 억제할 가능성이 있다. 반면에 너무 건조해도 발육을 억제하여 구의 비대가 불량하게 된다. 즉, 구 형성 전후부터는 수분이 많거나 너무 적어도 생육이 억제된다는 것이다. 구 비대기 초기에는 비늘잎이 형성되기 시작하고 잎의 수, 잎의 길이와 무게는 최대치를 기록한다. 그 때 밖으로 나온 잎의 수는 7~10개 정도이다. 그 후로 잎의 무게는 줄어들고, 수확기에 이르면 잎 수는 4~6개로 줄어든다.

이와 같은 양파의 생물학적 생육주기를 고려하여 본 연구에서는 양파의 지상부가 생장하기 시작하는 경엽신장기부터 구 비대기까지의 생육요인과 육묘기부터 구 비대기까지의 기후요인을 적극 고려하였다.

2. 선행연구 검토

그동안 대부분의 선행연구에서는 기상요인을 이용한 단수예측 연구가 지속적으로 진행되어 왔다. 한석호 외(2011)는 쌀, 콩, 고랭지 배추 3개 품목을 대상으로 확률추정 방법을 적용한 단수예측모형을 개발하였다. 고정효과 모형을 이용한 패널분석 방법으로 설명변수인 기상변수의 계수를 추정하고, 다양한 시나리오를 접목시켜 확률적 기법을 활용한 단수예측모형을 개발하였다. 또한 기상요인과 단수 간의 상관관계를 이차식 형태로 고려하여 기상요소에 대한 단수의 최적점을 도출하였다. 임철희 외(2016)는 주요 채소작물들을 대상으로 농경지 단

위의 기상요인과 생산량 간의 상관관계가 높은 기상인자를 추려 회귀분석을 통해 단수를 예측하였다. 양파 단수 예측 분석의 경우 상관성이 높은 최저기온, 상대습도, 강수량을 모형에 활용하였으며 양파 단수 추정에 기여수준이 가장 높은 기상요인은 최저기온으로 나타났다. 나상일 외(2017)는 기상자료 및 위성자료(MODIS NDVI)를 사용하여 지역별 마늘, 양파 단수예측 모형을 개발하고 예측 시기별 정확도를 측정하였다. 상관관계 분석 결과, 양파의 경우에는 잎이 출현하는 시기의 위성자료와 강수량, 일조시간 등의 기상정보가 단수에 영향을 미치는 요인으로 나타났다. Chmielewski 외(2000)는 기상요인이 겨울호밀의 예측단수에 미치는 영향을 분석하기 위해 패널모형을 이용하였다. 호밀단수에 영향을 미치는 요인으로는 고온, 가뭄 등으로 나타났다.

한편 빈번한 기상변화 발생에 대비하여 예측력을 높이기 위해 생육자료와 기상자료를 모두 활용한 단수 예측 또는 요인 분석이 진행되고 있다. 이춘수 외(2017)는 생육변수(초장, 엽수, 10a당 예상수량)와 기상변수(기온, 일교차, 강수량 등)를 설명변수로 하는 pooled OLS 모형을 이용하여 가을배추와 가을무 단수 예측모형을 구축하였다. 생육변수와 기상변수 시나리오를 바탕으로 총 24개의 모형을 추정하고 모형의 예측력을 비교하였다. 김준기 외(2020)는 생육자료와 기상자료를 바탕으로 양파의 최종 구중을 추정하는 다층모형을 구축하였다. 위계적 구조를 가진 자료 분석기법을 활용하여 다층모형 구축을 시도하였지만, 1년차 자료만이 분석에 활용되었기에 모형의 신뢰도가 다소 미흡하다는 점을 지적하였다. 김재휘 외(2021)는 양파의 생육조사 자료와 실측 대상 지역의 추정 기상자료를 이용하여 양파의 생산량을 결정하는 구중과 지상부 생장이 어떤 기상요인과 시기별로 상관관계를 갖는지 분석하였다. LANCASTER 외(1996)는 일조시간과 생육요인(잎의 수, 구중), 기타요인(파종시기, 구 비대시기)이 양파의 성숙 시기에 어떤 영향을 미치는지 분석하였다. 양파의 성숙시기에 큰 영향을 미치는 것은 구 비대가 시작한 이후의 잎의 수인 것으로 나타났다.

단수 예측 모형 개발 외에도 농산물 단수예측, 가격예측 등 농업관측의 경제적 효과에 대해 분석한 연구도 이루어지고 있다. 이용선 외(2002), 김관수 외(2009), 김배성(2014)은 실증자료를 바탕으로 거미집형 기대가설 하에 품목별 수요 및 공급곡선을 추정하고 이를 통해 관측정보의 제공에 따른 사회적 후생효과를 계측하였다. 추정 결과, 품목별로 사회후생효과 측정치의 차이가 보였으며, 그 이유를 생산액, 수요의 가격탄력성, 공급의 가격탄력성, 가격변동

률의 크기가 다르기 때문이라고 주장하였다. 김종규(2009)는 축산 관측 품목 중 육계의 산지 가격전망 정보를 활용하였을 때 기대수익 및 예측정보의 가치를 베이지안 분석모형을 이용하여 계측하였다. 분석 결과 농가에서 가격전망 정보를 활용하였을 때 기대수익이 증가하는 것으로 나타났으며, 가격전망 정보가 완전할수록 가치는 배단위로 증가한다고 주장하였다. 유도일(2005)은 농업관측사업을 거시 및 미시적 관점으로 경제적 성과를 분석하였다. 거시적 분석을 위해 가격의 월평균 표준편차를 이용한 연도 내 변동계수와 연도 간 변동률을 계측하였다. 미시적인 분석은 농가 입장에서 농업관측정보를 전달받기 위해 정보통신비 지출이 반영된다는 점을 가정하여 정보통신비용을 JP형 소득함수의 위험함수 부분에 관측사업 실시 전후의 위험과 관계를 분석하였다.

기존 연구들은 기상자료만을 이용한 분석모형을 적용하여 단수를 예측하거나, 기상과 생육 자료를 고려하여 단수 및 구중을 예측하고 있다. 본 연구에서는 선행연구들과 차별성을 두기 위해 1)실측기반 생육자료를 이용한 단수, 2)기상자료를 이용한 단수, 3)혼합자료(실측기반 생육자료 및 기상자료)를 이용한 단수를 각각 추정한다. 더 나아가 예측력이 가장 높은 모형의 사회후생효과 계측을 통해 경제성을 논의하고자 한다.

3. 분석 모형

3.1. 분석자료

3.1.1. 실측기반 생육자료

한국농촌경제연구원 농업관측본부가 수행하는 양파 실측조사 원시자료를 이용하였다. 한국농촌경제연구원에 따르면 실측조사 대상 농가는 양파 표본농가 중 5년 이상 재배한 농가이며, 대상 농가의 평균생육을 대표할 수 있는 필지 100개를 선정한다. 실측조사는 양파 생육기간 중 총 11회 실시되며, 생육초기(2~3월)는 15일 주기로 조사되고 생육 중기이후(4~6월)는 10일 주기로 조사된다.

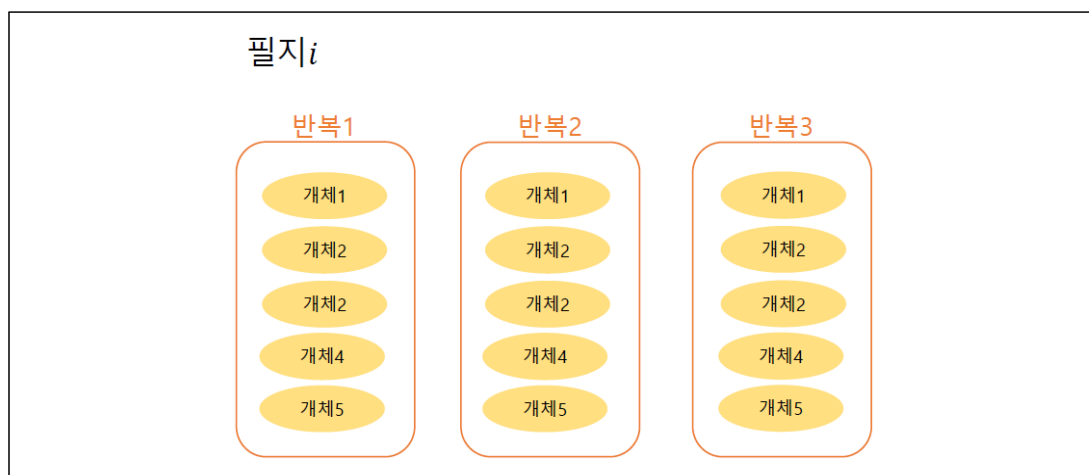
표 1. 실측 조사 차수 일자

조사 차수	조사 일자
1, 2, 3차수	2020-02-13 ~ 2020-03-23
4, 5, 6차수	2020-03-30 ~ 2020-04-28
7, 8, 9차수	2020-04-27 ~ 2020-05-26
10, 11차수	2020-06-01 ~ 2020-06-10

자료: 한국농촌경제연구원 생육 실측조사

〈그림 3〉과 같이 실측조사 대상 농가의 대표 필지 1곳을 3개 조사구역(반복)으로 구분한 후 각 조사구역에서 5개체씩 지상부와 지하부의 생육자료를 수집한다. 지상부의 생육요인은 고사엽장(cm), 초장(cm), 엽수(매), 엽초장(cm), 엽초경(mm)이며, 지하부의 생육요인은 구직경(mm), 생구무게(g)로 구분된다.

그림 3. 실측조사 대상 구역



자료: 저자 작성

본 연구는 2020년 양파 생육 실측조사 자료 중 병해발생, 측정오류 등에 따라 최종 생구 무게가 제시되지 않은 조사구역을 제외하고 모든 조사차수에서 조사가 완료된 필지의 조사구역을 한정하여 신뢰도를 높이고자 하였다. 국내 양파 생산량의 대다수를 차지하는 중만생종 양파를 분석대상으로 삼았으며, 중만생종의 총 100개 필지 중 60개 필지에서 740개 개체를 대

상으로 각 조사차수의 반복별 지상부 생육자료와 최종 수확기의 생구 무게 자료를 사용하였다.

3.1.2. 기상자료

국립농업과학원에서 소기후 모형을 통해 도출한 양파 농가의 필지 단위별 기상추정자료를 사용하였다. 소기후 모형은 우리나라 전역에 대해 농장필지 단위까지 공간적으로 정밀한 농업기상 및 기후 정보를 표현할 수 있는 모형이다. 일별 농업기상 관측자료를 기준으로 최고기온, 최저기온, 평균기온, 강수량, 일조시간, 일사량을 30~270m의 격자 해상도로 상세화하여 실측조사 필지 단위별 일별 기상정보를 추정한다(김수옥 외 2019).

3.2. 변수 및 분석모형

통계청에서 매년 발표하는 양파 단수는 생중량과 건조율을 이용해 식 (1)과 같이 추정하고 있다. ‘20개당 생중량(g)’은 표본구역별 3㎡이랑길이 내의 정상포기 중에서 20개의 조사용 재료를 계통 추출하여 수확하고, 흙을 제거한 후 양파줄기와 뿌리를 1cm씩 남기고 절단한 후 20개의 생중량을 측정한 것이다.

$$(1) \text{ 3㎡당 생중량}(g) = \text{3㎡당 정상포기수} \times \text{20개당 생중량}(g) \div 20$$

$$10a \text{당 생산량}(kg) = \text{3㎡당 생중량}(g) \div 3 \times \text{건조율}$$

한국농촌경제연구원 실측조사 농가필지정보 원시자료는 필지 단위별 3.3㎡당 주수 및 면적을 제공하고 있다. 또한 최종 생구무게를 생중량으로 이용할 수 있기 때문에 식 (2)와 같이 단수 추정이 가능하다고 판단하였다. 따라서 본 연구의 목적인 양파 생육자료를 이용하여 단수를 추정하기 위해 최종 생구 무게를 종속변수로 설정하였다.

$$(2) 3.3\text{m}^2 \text{당 생중량}(g) = 3.3\text{m}^2 \text{당 주수율} \times 1\text{개당 생중량}(g)$$

$$10a \text{당 생산량}(kg) = 3.3\text{m}^2 \text{당 생중량}(g) \div 3.3 \times \text{건조율}$$

생구무게와 관련된 실측기반 생육변수를 설정하기 위해 상관관계분석을 이용하였다. 상관관계분석 결과는 <표 2>와 같다. 엽수, 엽초경 및 초장은 모든 조사 차수에 생구무게와 양(+)의 상관, 엽초장은 3차를 제외한 모든 조사차수에 생구무게와 양(+)의 상관관계를 가지고 있는 것으로 나타났다. 고사엽장의 경우, 4차 조사에서 생구무게와 유의미한 음(-)의 상관관계를 나타냈다.

표 2. 양파 생구무게와 양파 생육자료의 상관관계

조사차수	엽수	엽초경	엽초장	초장	고사장더미
1차	0.2829*	0.2692*	0.1595*	0.3150*	0.0897
2차	0.3207*	0.2347*	0.1385*	0.2600*	0.0919
3차	0.2765*	0.3229*	0.1187	0.2472*	-0.0531
4차	0.3222*	0.4307*	0.1765*	0.2854*	-0.2386*
5차	0.4150*	0.4457*	0.2184*	0.2955*	-0.1140
6차	0.4893*	0.4990*	0.3019*	0.3562*	-0.0814
7차	0.4651*	0.5142*	0.3197*	0.3690*	-0.0355
8차	0.4998*	0.3927*	0.2974*	0.3378*	-0.0342
9차	0.4404*	0.4048*	0.2812*	0.4163*	-0.1197
10차	0.3754*	0.3970*	0.2914*	0.3812*	0.1012
11차	0.4256*	0.3565*	0.5089*	0.5459*	0.0547

주: 1) *p<0.1

2) 양파 생육주기에 의하면 고사엽장(cm)보다 상처가 없는 것이 더 중요하므로 고사엽장 변수는 고사엽장 유무를 나타내는 더미변수로 설정하였음.

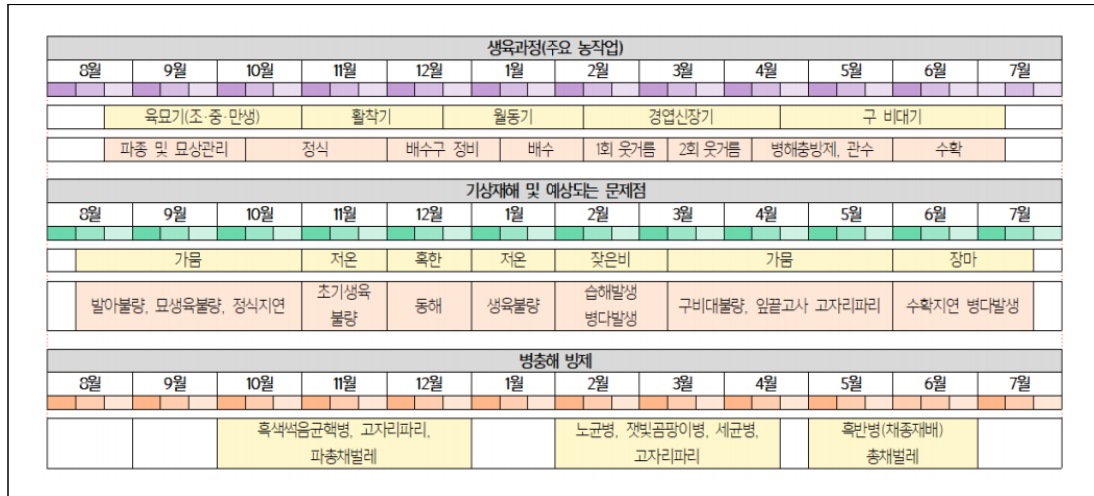
자료: 저자 작성

상관관계를 바탕으로 잎이 신장하는 시기와 구가 비대하는 시기에 해당하는 4차부터 8차까지의 조사기간을 대상으로 양파 생구무게에 영향을 미치는 생육자료를 설명변수로 선택하였으며, 각 표본의 지역을 더미변수로 설정하였다.

기상요인은 선행연구를 포함하여 농촌진흥청에서 제공하는 양파의 생육과정별 기상조건 자료를 참고하여 기상요인 설명변수를 선정하였다(그림 4). 또한 동일한 필지에 있는 양파 개

체들은 기상요인을 공유하므로 이들의 최종 생구 무게는 서로 영향을 미치지만, 다른 필지에 있는 양파와는 상관관계를 갖지 않는다. 따라서 필지별 기상요인을 도출하였다.

그림 4. 양파의 생육과정



자료: 농촌진흥청 농사로(www.nongsaro.go.kr)

신뢰도를 높이기 위해 각 기상변수는 육묘기인 9월 1일부터 최종 생구 조사일인 6월 10일 이전까지 15일 간격으로 나누었으며, 필지 단위로 평균값, 누적값, 최댓값, 최솟값을 추정하였다. 추정된 기상변수는 평균기온, 최고기온, 최저기온, 강수량, 일조시간, 일사량 등 기본정보 외에도 GDD, 최적기온일수, 고온일수, 강우일수, 탄소동화저해일수 등을 추가하였다.

표 3. 기상변수 정의

설명변수	정의	설명변수	정의
평균기온	일평균기온의 평균	GDD (생육도일)	평균기온이 4℃ 이상인 날들의 값의 합
최고기온	최고기온의 최댓값	최적기온일수	최고기온이 15℃~25℃인 날들의 수
최저기온	최저기온의 최솟값	고온일수	최고기온이 30℃ 이상의 날들의 수
누적강수량	일강수량의 합	강우일수	일강수량이 5mm 이상인 날들의 수
누적일조시간	일일조시간의 합	탄소동화저해일수	최고기온이 25℃ 이상인 날들의 수
누적일사량	일일사량의 합		

자료: 저자 작성

분석자료는 1개년도 횡단면의 자료인 것을 감안하여 생구무게와 여러 생육 및 기상변수를 이용하여 다중회귀분석을 통해 생구 예측치를 도출한 후 단수를 추정하고자 한다.

$$(3) y = f(\text{생육기반자료}, \text{기상요인}, \text{기타요인})$$

통상최소자승법(OLS)에 의한 일반적인 다중회귀분석 모형은 식 (4)로 표현할 수 있다.

$$(4) y = X\beta + \epsilon$$

여기서 y 는 생구무게인 종속변수로 $N \times 1$ 벡터, X 는 생구무게에 영향을 미치는 설명변수로 $N \times k$ 행렬이며, ϵ 는 오차항으로 $N \times 1$ 벡터이다.

4. 추정 결과

4.1. 실측기반 생육자료 단수예측 모형

실측기반 생육자료 단수예측 이전에 분산 팽창 요인(Variance Inflation Factor, VIF)을 이용하여 우선 변수 간 다중공선성을 진단하였다. 생육 설명변수의 평균 VIF값은 2.77이고, 각 설명변수의 VIF값은 모두 10 미만으로 다중공선성이 발생하지 않은 것으로 나타났다.

〈표 4〉는 양파의 생육자료와 지역변수를 이용한 회귀분석의 결과이다. 분석 결과, 모든 설명변수의 p값은 유의한 것으로 나타났다. 중만생종 양파 재배에서 잎이 신장하기 시작하는 때는 3월 중순 이후로 4차 및 5차 조사시기에 해당한다. 4차 초장 및 엽초장과 5차 엽수는 각 1.75, 11.10, 12.56으로 양의 계수를 가지고 있으며, 잎의 신장이 높을수록 최종 구의 무게가 큰 것으로 분석된다. 이 결과는 생육주기에서 언급한 잎이 양파 구의 크기에 비례한다는 내용과 일치하였다.

표 4. 실측기반 생육자료를 이용한 회귀분석 결과

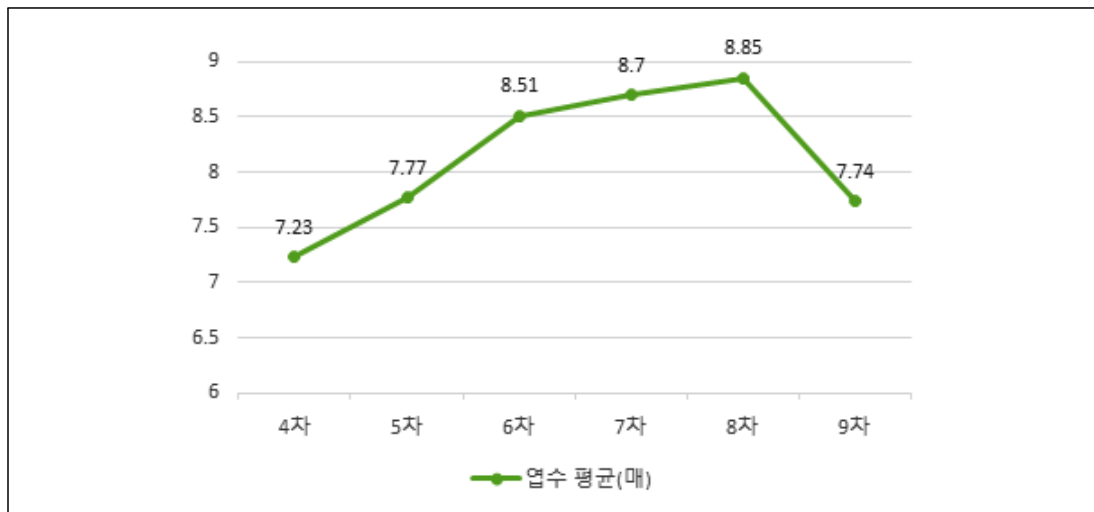
변수	β 계수	표준오차	t-value	p-value
4차 초장	1.751	0.856	2.04	0.043
4차 엽초장	11.101	4.027	2.76	0.007
4차 고사장 더미	-52.018	17.007	-3.06	0.003
5차 엽수	12.563	6.761	1.86	0.065
8차 엽초장	-4.441	1.620	-2.74	0.007
8차 엽수	36.257	4.870	7.45	0.000
지역변수(경북)	78.150	22.462	3.48	0.001
지역변수(전남)	62.645	15.960	3.93	0.000
지역변수(전북)	74.904	17.790	4.21	0.000
지역변수(충남)	149.993	20.611	7.28	0.000
_cons	-242.496	46.084	-5.26	0.000

F=19.92, p-value = 0.0000 Adj R-squared = 0.5223

자료: 저자 작성

4차 고사장 더미변수는 -52.02로 음의 계수를 가진다. 생육 주기에 따르면 잎은 양파 구의 형성과 비대에 필수적이다. 따라서 잎에 난 상처는 구의 비대에 나쁜 영향을 미치는 것으로 해석할 수 있다.

그림 5. 조사차수별 양파 엽수 변화



자료: 저자 작성

8차 조사 시기는 5월 중순으로 지하부의 생장이 빠르게 증가하는 구 비대기에 해당한다. 8차 엽초장은 -4.44로 음의 계수를 가졌고, 엽초장이 짧을수록 구의 무게가 크다고 해석할 수 있다. 8차 엽수는 36.26으로 양의 계수를 가지며 잎의 수가 많을수록 구의 무게가 크다고 분석된다.

생물학적 생육주기에 의하면 비늘잎이 형성되기 시작하여 구가 비대하는 시기에 잎의 수가 최대치를 기록한다. 이 때 잎의 개수는 양파 구의 크기를 결정하는 가장 중요한 요소이다. 실제로 조사차수별 엽수 통계량을 살펴보면, 엽수가 지속적으로 증가하는 추세를 보였으며 8차 조사 시기에 평균 엽수가 8.85개로 가장 높은 것으로 나타났다. 따라서 8차 시기의 잎의 수가 구의 크기를 결정하는 중요한 변수인 것으로 판단된다(그림 5).

4.2. 기상자료 단수예측 결과

기상변수는 10월 초 GDD, 11월 말 누적강수량, 12월 말 누적강수량, 2월 초 누적강수량, 6월 초 누적강수량, 2월 초 누적일사량으로, 우선 변수들 간에 다중공선성을 확인하기 위해 VIF값을 도출하였고, 10 이하로 나타나 다중공선성은 존재하지 않는 것으로 판단된다. 종속 변수인 생구무게와 설명변수인 기상요인들을 이용하여 분석한 결과를 <표 5>에 제시하였으며, 모든 변수는 통계적으로 유의한 값을 나타냈다.

표 5. 기상자료를 이용한 회귀분석 결과

변수	β 계수	표준오차	t-value	p-value
10월(1) GDD	1.799	0.795	2.26	0.028
11월(2) 누적강수량	5.218	1.180	4.42	0.000
12월(2) 누적강수량	-18.826	5.341	-3.52	0.001
2월(1) 누적강수량	-19.595	4.996	-3.92	0.000
2월(1) 누적일사량	1.304	0.615	2.12	0.039
6월(1) 누적강수량	-9.295	2.192	-4.24	0.000
상수항	144.780	208.597	0.69	0.491

F: 4.97, p-value: 0.0004, Adj R-squared: 0.2877

주: 기상변수의 (1)은 1일~15일을 의미하며, (2)는 16일~31일을 의미함.

자료: 저자 작성

10월 초 GDD는 양의 관계로 10월 1일부터 10월 15일까지 GDD가 높을수록 생구 무게는 증가하는 것으로 나타났다. 이는 양파가 발아할 때 4℃ 이상인 날이 많을수록 생구 무게가 비대에 지는 것을 의미한다. 4℃보다 낮은 온도에서 발아 시 시간이 오래 걸리고 발아율이 떨어진다. 11월 말 누적강수량은 11월 16일부터 30일까지 누적강수량이 많을수록 양파 최종 생구 무게가 큰 것으로 나타났다. 양파 정식 직후 토양의 수분이 많으면 뿌리 발아에 걸리는 시간이 단축되어 구 비대에 영향을 미치는 것으로 판단된다. 12월 말 누적강수량이 많을수록 생구 무게는 더 적은 것으로 나타났다. 양파 정식 직후 강수량은 양파 묘를 동해로부터 방지해 주지만 이후에도 강수가 많으면 오히려 토양의 수분과다로 인해 동해를 입을 수 있는 것으로 해석된다.

2월 초 누적강수량, 누적일사량의 회귀 계수는 각각 -19.595와 1.304으로 2월 1일부터 15일까지의 강수량이 많을수록 생구 무게는 적어지고, 일사량이 많을수록 생구무게는 커지는 것으로 나타났다. 2월에는 잦은 비로 인해 습해가 발생하기 쉬우므로 강수량이 적은 것이 좋고 일사량이 많으면 땅이 습해지는 것을 방지하여 생구의 비대에 도움을 주는 것으로 판단된다.

6월 초 누적강수량은 음의 관계로 6월 1일부터 최종 수확 날짜인 6월 10일까지의 강수량이 많을수록 생구무게는 작아지는 것으로 나타났다. 6월 초는 구 비대기로 구가 비대하는 데 많은 에너지를 소모하기 때문에 뿌리의 활력이 감소하며, 부패 및 병해충을 막기 위해서는 토양의 수분이 적은 상태여야 한다. 또한 강수로 인해 수확기가 늦춰진다면 결주율이 높아져 양파 최종생구에 부정적인 영향을 주는 것으로 짐작할 수 있다.

4.3. 혼합(생육 및 기상)자료 단수예측 결과

양파의 실측기반 생육자료 및 기상자료 모형을 모두 고려하여 혼합 단수예측모형을 추정하였다. 생육자료에서 선정된 변수들은 7차 초장, 8차 엽수, 8차 엽초장, 4차 고사장 더미변수이며, 기상자료에서 선정된 변수들은 12월 초 누적강수량, 2월 초 누적강수량, 4월 초 누적강수량, 5월 말 누적강수량, 6월 초 누적강수량, 10월 초 최고기온, 11월 말 최고기온, 12월 말

최고기온이다. 분석하기 이전에 변수들 간 VIF를 확인한 결과 수치가 10 이하로 나타나 다중 공선성은 존재하지 않는 것으로 판단된다. 실측기반 생육변수 및 기상변수를 혼합한 다중회귀모형 분석결과는 <표 6>에 제시되어 있다.

생육변수인 7차 초장, 8차 엽수, 8차 엽초장, 4차 고사장 더미변수는 통계적으로 유의하였다. 7차 초장이 길수록 8차 엽수가 많을수록 생구의 크기는 커지며, 8차 엽초장이 짧을수록 4차 고사엽장이 없을수록 생구의 크기는 증가한다. 양파 생구의 크기를 결정하는 가장 중요한 요소는 엽수이다. 구비대기에 병해충에 의한 피해나 물리적인 상처를 입어서 잎몸이 상하게 되면, 잎몸에 연결된 잎집 기부에는 엽록소의 양이 적기 때문에 잎집만으로는 생육을 계속할 수 없다. 따라서 상처 없는 잎의 수가 증가하는 만큼 구의 비대도 커진다.

표 6. 실측기반 생육자료 및 기상자료를 이용한 회귀분석 결과

변수	β 계수	표준오차	t-value	p-value
7차 초장	2.638	0.587	4.49	0.000
8차 엽수	29.996	4.197	7.15	0.000
8차 엽초장	-4.806	1.839	-2.61	0.010
4차 고사장 더미	-62.225	14.313	-4.35	0.000
12월(1) 누적강수량	21.493	4.674	-4.60	0.000
2월(1) 누적강수량	-15.996	3.234	-4.95	0.000
4월(1) 누적강수량	14.277	4.205	3.39	0.001
5월(2) 누적강수량	-6.881	1.614	-4.26	0.000
6월(1) 누적강수량	-2.374	1.080	-2.20	0.029
10월(1) 최고기온	107.951	16.197	6.66	0.000
11월(2) 최고기온	-76.531	13.016	-5.88	0.000
12월(2) 최고기온	30.989	10.314	3.00	0.003
상수항	-1253.892	412.181	-3.04	0.003

F: 19.94, p-value: 0.0000, Adj R-squared: 0.5410

주: 기상변수의 (1)은 1일~15일을 의미하며, (2)는 16일~31일을 의미함.

자료: 저자 작성

기상변수는 12월 초, 2월 초, 4월 초, 5월 말, 6월 초 누적강수량과 10월 초, 11월 말, 12월 말 최고기온이 통계적으로 모두 유의한 것으로 나타났다. 12월 초와 4월 초의 누적강수량은 양의 효과가 나타났으므로 누적강수량이 많을수록 생구무게는 증가한다. 12월 초는 양파의

생육과정 중 활착기에 해당하며, 이 시기의 양파는 물이 꼭 필요하기 때문에 물을 아무리 많이 주어도 별문제가 없다. 4월 초는 구 비대기 직전으로 수분이 많을수록 생육량이 많다.

2월 초, 5월 말, 6월초의 누적강수량이 적을수록 생구가 비대해지는 것으로 나타났다. 2월 초는 월동기에서 경엽신장기로 넘어가는 시기로 잦은 비는 습해발생과 병다발생이 일어날 수 있다. 이 시기의 양파는 건조한 토양 조건에 오히려 강하다(이종태 2015). 따라서 토양 수분이 적더라도 생육에 큰 지장을 받지 않는다. 또한 5월 말과 6월 초는 구 비대기이므로 구가 비대하는 데 많은 에너지를 소모하여 뿌리와 잎의 활력이 감소한다. 그렇기 때문에 토양의 수분이 많으면 양파의 뿌리는 습해를 받기 쉬워진다.

10월 초와 12월 말은 육묘기와 월동기로 최고기온이 높을수록 생구무게가 증가하며, 11월 초는 활착기로 최고기온이 낮을수록 생구무게가 증가한다. 육묘기에서 씨앗이 발아하기 위한 최고온도는 33℃로 기온이 높아야하며, 월동기에는 혹한으로 인한 동해 방지를 위해 기온이 역시 높아야 함을 미루어 짐작할 수 있다. 반면에 활착기에는 고온보다 저온에서 더 오랫동안 성장할 수 있다.

4.4. 예측력 검정 비교

본 연구의 분석자료는 1개년도 횡단면자료만으로 활용되었기에 정확한 추정치를 얻기보다는 예측력 있는 모형을 식별하는 것이 적합하다고 판단된다. 따라서 각 모형의 생구 예측치를 도출하고 이들의 예측력을 비교하여 경제성 분석을 하기 위한 최종모형을 선정하였다. 예측력을 평가하는 기준은 MAD(mean absolute deviation), MSE(mean square error), RMSE(root mean square error), MAPE(mean absolute percent error) 등이며 계측한 값이 낮을수록 모형의 예측력이 높다. 각 평가 기준의 수식은 식 (5)와 같다. 여기서 A_i 는 생구 무게 실측치, F_i 는 생구무게 예측치, i 는 표본수를 의미한다.

$$(5) \text{ MAD} = \frac{\sum_{i=1}^n |A_i - F_i|}{n}$$

$$\text{MSE} = \frac{\sum_{i=1}^n (A_i - F_i)^2}{n}$$

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (A_i - F_i)^2}{n}}$$

$$\text{MAPE} = \frac{\sum_{i=1}^n \left| \frac{A_i - F_i}{A_i} \right|}{n} \times 100$$

위의 식을 이용하여 모형별 예측력 검정 결과를 <표 7>에 제시하였다. 혼합모형의 예측 통계값은 MAD 42.41, MSE 3037.06, RMSE 55.11, MAPE 16.61로 나타났으며, 실측기반 모형 및 기상자료 모형과 비교하여 가장 낮게 추계되었다. 이는 혼합모형의 예측치가 다른 모형의 예측치보다 정교한 것을 보여주고 있다.

표 7. 모형별 예측력 비교

구분	MAD	MSE	RMSE	MAPE
실측기반 모형	46.31	3398.33	58.30	18.10
기상 모형	48.94	3550.30	59.58	17.52
혼합 모형	42.41	3037.06	55.11	16.61

자료: 저자 작성

또한 4가지 예측 기준 중 MAD 값을 이용하여 오차율을 구하면 실측기반 모형 15.3%, 기상기반 모형 16.9%, 혼합모형 13.9%로,²⁾ 혼합모형의 예측치가 가장 작은 오차율을 나타냈

2) MAD는 MSE에 비교하여 큰 오차에 대해 덜 민감하게 반응하며, MAPE는 실측치가 낮은 경우 오차가 작더라도 오차율이 상대적으로 크게 계산되는 문제점이 있어 해석에 주의할 필요가 있다. 따라서 일반적으로 가장 많이 쓰이는 MAD를 이용하였다.

다.3) 본 연구는 세 가지 모형 중 가장 우수한 예측력과 오차율을 보인 혼합모형을 최종 모형으로 선택하고 이를 바탕으로 사회후생효과를 계측하여 경제성을 분석하였다.

5. 사회후생효과 분석

농업관측의 경제적 효과는 관측정보 제공에 의해 자원배분이 효율적으로 이루어짐에 따른 사회적 후생의 증감으로 나타낼 수 있으며, 정보부족으로 인한 수급불균형을 줄이거나 제거됨으로써 감소되는 사회적 손실분이 곧 사회적 후생의 증가분에 해당된다(이용선 외 2002). 즉, 최대 사회적 후생 증대효과는 관측정보 제공에 의해 과잉생산 혹은 과소생산이 모두 해소되어 균형생산이 달성되었을 때를 의미한다.

따라서 혼합모형을 이용하여 양파 관측정보 제공에 의해 가장 효율적으로 자원이 배분되었을 때의 경제성 분석을 위하여 사회후생효과를 계측해보았다. 사회적 후생효과를 추정하는 방식은 거미집형 기대가설 하에서 기존의 선행연구에서 추정한 수요/공급 탄성치를 이용하였으며, 가격 변동분이 아주 적을 때 수요와 공급의 가격 변동률은 같다고 가정하였다(이용선 외 2002; 김관수 외 2009).

우선 혼합모형을 이용하여 추정한 예측단수는 8,669kg/10a로 나타났다. 예측 단수와 실제 양파재배면적 및 가격을 이용하여 산출된 총 생산액은 13,128억 원이다. 이를 바탕으로 추정한 최대 사회후생효과를 <표 8>에 제시하였다.

3) 한국농촌경제연구원 농업관측본부에서 제공한 실측조사 생육정보는 1개년도 자료로서, 자료의 제한으로 인한 오차는 불가피하다. 자료가 축적되면 모형의 예측력이 개선될 것이라고 여겨진다.

표 8. 혼합모형을 활용한 예측치의 최대 사회후생효과 추정

재배 면적 (ha)	예측 단수 (kg/10a)	생산량 (만 톤)	가격 (원/kg)	생산액 (억 원)	수요의 가격 탄성치	공급의 가격 탄성치	가격 변동률	사회후생효과 (백만 원)
14,673	8,669	127.2	1,032	13,128	0.45	0.36	0.44	25,416

주: 1) 가격은 2020년 서울특별시 농수산물공사의 양파 도매가격의 평균값임.

2) 가격변동률은 당해를 포함한 지난 3년간의 연간 가격 변동률의 평균값임. 가격변동률은 서울특별시 농수산물공사의 양파 도매가격을 기준으로 하였음.

3) 사회후생효과는 $\{(1/2) * (\text{가격변동률})^2 * (1/((1/\text{수요탄성치}) + (1/\text{공급탄성치}))) * \text{생산량}\}$ 으로 계측하였음.

4) 수요의 가격탄성치는 이용선 외, 「농업관측의 경제적 효과분석」, 2002에 제시된 수요의 가격탄성치를 사용하였음.

5) 공급의 가격탄성치는 이용선 외, 「농업관측의 경제적 효과분석」, 2002에 제시된 재배면적의 가격탄성치를 사용하였음.

자료: 저자 작성

혼합모형을 활용한 예측치의 최대 사회후생효과는 25,416백만 원으로 나타났다. 이 중 소비자 사회후생효과는 11,296백만 원, 생산자 사회후생효과는 14,120백만 원으로 생산자 후생효과가 소비자 후생효과보다 큰 것으로 나타났다. 또한 생육자료와 기상자료를 이용하여 예측한 단수의 사회후생효과 기여도는 총 생산액 대비 약 1.9% 수준으로 추정된다.

이상에서 계산된 것은 혼합모형의 단수 예측력에 따른 경제성을 확인하기 위함으로 혼합모형을 활용한 예측치에 의해 최적 균형이 달성될 때의 사회적 후생 최대치를 의미한다. 하지만 생산자의 관측정보에 대한 활용도 유무 및 예측치의 부정확성에 따라 최적 균형에 도달하지 않는다면 사회적 후생 증가분은 최대치보다 적을 수 있다. 그러나 생육자료와 기상자료를 이용한 단수 예측치가 생산자 후생 증대뿐만 아니라 소비자 후생 증대를 발생시켜 모형의 경제적 효과를 검증하였다는 것에 의의가 있다.

6. 요약 및 결론

농산물 수급 안정화를 위해서는 정확한 생산량 예측을 통한 선제적인 대처가 중요하다. 양파는 과거부터 꾸준히 가격 변동성이 높은 품목으로 이를 완화하기 위한 수요와 공급 관측의 중요성이 더욱 커지고 있다. 정부는 정부수매, 산지폐기, 농산물 수급조절 매뉴얼 운영 등을 통해 안정화를 도모하고 있다. 대표적인 수급 안정화 방안 중 하나로 한국농촌경제연구원의

농업관측사업은 기존 전화조사에서 직접 산지를 방문하는 실측조사 체계를 도입하여 면적, 작황 이외에도 생육정보를 활용하여 관측신뢰도를 높이고 있다.

본 연구는 양파를 대상으로 실측 기반 생육자료와 기상자료를 이용하여 단수를 추정하였다. 양파 단수는 생중량, 건조율 및 주수를 이용하여 산출된다. 단수 산출에 필요한 항목은 한국농촌경제연구원의 농가필지정보에서 제공된다. 따라서 생육자료의 최종 생구무게를 모형의 종속변수로 설정하였고 추정된 생구무게를 바탕으로 예측 단수를 도출하였다. 양파 생육 주기의 이론적 검토 및 상관관계 분석 결과를 바탕으로 양파의 최종 구중에 영향을 미치는 지상부 생육요인과 기상요인을 설명변수로 설정하였다.

생육자료만을 이용한 단수, 기상자료만을 이용한 단수, 생육 및 기상자료를 모두 이용한 단수를 각각 추정하였다. 세 가지 모형의 예측력을 비교 검토한 결과 생육 및 기상자료를 활용한 혼합모형의 예측력이 가장 높았다. 이는 실측조사 기반 생육자료의 활용이 단수 예측 정확도를 향상시킬 수 있음을 보여주고 있다. 예측력이 가장 높은 혼합모형에서는 생육요인인 7차 초장, 8차 엽수, 4차 및 8차 엽초장과 기상요인인 12월 초, 2월 초, 4월 초, 5월 말, 6월 초 누적 강수량과 10월 초, 11월 말, 12월 말 최고 기온이 생구무게에 영향을 미치는 설명변수로 활용되었다.

예측력이 가장 높은 혼합모형의 사회적 후생효과를 도출하고 경제성을 분석하였다. 생육자료 및 기상자료를 이용한 단수 예측치의 최대 사회후생효과는 약 254억 원으로, 그 중 소비자 사회후생효과는 약 113억 원, 생산자 사회후생효과는 약 141억 원으로 나타났다. 추정된 최대 사회후생효과에 대한 2020년 기준 양파의 총 생산액 대비 기여도는 1.9%로 추정된다. 이와 같은 추정결과는 최적 균형이 달성될 경우의 최대 사회적 후생효과로, 예측치의 정확도 등으로 인해 실제 사회적 후생 증가분은 최대치보다 적을 수 있다. 그러나 생육자료 및 기상자료를 이용한 예측치의 사회후생효과 추정으로 혼합모형이 가지는 경제적 효과를 검증했다는 것에 의의가 있다.

분석결과에 근거하여 관측의 정확도를 높이기 위한 방안에 대한 시사점을 다음과 같이 제시하고자 한다.

생육자료만을 이용한 모형과 혼합모형 추정 결과 모두 8차 엽수가 구 비대에 중요한 요인으로 분석되었다. 8차 엽수는 구가 비대하는 시기에 가장 많은 엽수를 가지고 있는 것으로 나타

났으며, 이는 구 비대를 위해 충분한 엽록소의 양이 필요하기 때문으로 여겨진다. 이와 같이 엽수를 포함한 실측기반 생육정보가 생산량 예측에 중요한 역할을 하고 있다. 따라서 기존의 실측 조사 항목뿐만 아니라 잎의 무게 등 지상부 실측 조사 항목을 추가하여 구중에 영향을 미치는 요인을 탐색할 필요가 있다.

기상자료만을 이용한 모형과 혼합모형을 추정한 결과에 근거하여 2월 초와 6월 초의 누적 강수량 모두 통계적으로 유의하였다. 2월 초에는 양파가 건조한 토양 조건에 강하기 때문에 토양 수분이 적더라도 생육에 큰 지장을 받지 않는다. 반면에 6월 초에는 구가 신장하는 데 많은 에너지를 소모하기 때문에 토양의 수분이 적을수록 구가 비대해진다. 이러한 결과는 생산자에게 수확기 전 작황 관리에 중요한 정보가 될 수 있으며, 시장 참여자의 합리적인 의사결정에 도움을 줄 수 있다.

마지막으로 본 연구의 결과와 같이 실측기반 생육자료와 기상자료는 정교한 관측을 위한 중요한 수단이다. 그러나 본 연구에서는 실측조사체계가 도입된 1개년도 자료만이 분석에 활용되어 단수 추정 방법에 대한 신뢰도가 다소 미흡한 부분이 있다. 예측력과 신뢰도를 높이기 위해서는 향후 축적된 생육자료를 활용하여 예측 모형을 개선할 필요가 있다. 또한 본 연구에서는 토양, 병해충 등 양파 생육과 관련된 환경적 요인은 고려하지 않았음을 한계로 두고 있다. 실측조사체계를 통해 양파 생육정보 뿐만 아니라 생육에 영향을 미치는 환경적 요인에 대한 정보를 구축한다면 보다 풍부한 자료를 활용하여 양파 생산량 예측도를 높일 수 있는 다양한 시도가 가능할 것으로 기대된다.

참고문헌

- 김관수, 안동환, 성재훈. 2009. “농업 관측정보의 사회적 후생효과 추정.” 『농촌경제』 32(5): 1-16.
- 김배성. 2014. “과일류 관측의 최대 사회후생 효과 계측.” 『한국산학기술학회논문지』 15.11: 6646- 6651.
- 김수옥, 김진희, 김대준, 윤은정. 2019. “농장맞춤형 농업기상정보 생산을 위한 소기후 모형 구축과 활용.” 『한국농림기상학회 학술발표논문집』 315-315.
- 김재휘, 최성천, 김준기, 서홍석. 2021. “양파의 생육시기별 생육요인과 기상요인 간의 관계 탐색.” 『한국 농림기상학회지』 23(1): 1-14.
- 김종규. 2009. “Bayesian 분석모형을 활용한 정보의 가치분석.” 전남대학교 경제학석사학위논문.
- 김준기, 최성천, 김재휘, 서홍석. 2020. “다층모형을 활용한 양파 구중 추정 연구.” 『응용통계연구』 33(6): 763-776.
- 나상일, 박찬원, 소규호, 박재문, 이경도. 2017. “MODIS NDVI와 기상요인을 고려한 마늘·양파 주산 단지 단수예측 모형 개발.” 『Korean Journal of Remote Sensing』 33호 5-2권: 647-659.
- 나우현. 2000. 『양파·파·양파』. 오성출판사.
- 남국현, 최영찬. 2015. “양파 출하시기 도매가격 예측모형 연구.” 『농촌지도와 개발』 22(4): 423-434.
- 유도일. 2005. “농업관측정보의 경제적 효과.” 서울대학교 경제학석사학위논문.
- 이용선, 김연중, 김유희. 2002. “농업관측의 경제적 효과 분석.” 『농촌경제』 25(3): 1-15.
- 이종태. 2015. 『양파: 한살이부터 유기농·무경운 재배법까지』. 들녘.
- 이춘수, 양성범. 2017. “생육정보를 이용한 가을배추와 가을무 단수 예측 모형 개발.” 『한국유기농업 학회지』 25(2): 279-293.
- 임철희, 김강선, 이은정, 허성봉, 김태연, 김용석, 이우균. 2016. “주산지 기상정보를 활용한 주요 채소 작물의 단수 예측 모형 개발.” 『한국기후변화학회지』 7(2): 193-203.
- 통계청. 2020. 『농작물 생산조사 지침서』.
- 한석호, 이병훈, 박미성, 승준호, 양현석, 신성철, 이동필. 2011. 『기상요인을 고려한 단수예측모형 개발 연구』. 한국농촌경제연구원.
- Chmielewski, F.-M and Köhn, W. 2000. “Impact of weather on yield components of winter rye over 30 years.”, *Agricultural and Forest Meteorology* 102(4): 253-261.
- LANCASTER, J.E., TRIGGS, C.M., DE RUITER, J.M. and GANDAR, P.W. 1996. “Bulbing in Onions: Photoperiod and Temperature Requirements and Prediction of Bulb Size and Maturity.”, *Annals of Botany* 78(4): 423-430.
- 농촌진흥청 농사로. <www.nongsaro.go.kr>.
- 통계청. <<http://kosis.kr/>>.
- 한국농수산식품유통공사 농산물 유통정보(kamis). <<https://www.kamis.or.kr/customer/>>.
- 한국농촌경제연구원 농업관측 통계정보시스템. <<https://oasis.krei.re.kr/>>.