

양파·마늘 생산성 예측 모델 개발을 위한 텍스트마이닝 기법 활용 생육 및 수량 관련 문헌 분석

김진희¹, 김대준¹, 서보훈², 김광수^{1,2*}

¹(재)국가농림기상센터, ²서울대학교 식물생산과학부

(2021년 9월 6일 접수; 2021년 12월 1일 수정; 2021년 12월 22일 수락)

Analysis of Literatures Related to Crop Growth and Yield of Onion and Garlic Using Text-mining Approaches for Develop Productivity Prediction Models

Jin-Hee Kim¹, Dae-Jun Kim¹, Bo-Hun Seo², Kwang Soo Kim^{1,2*}

¹National Center for Agro-Meteorology, Seoul National University, Seoul 08826, Republic of Korea

²Department of Agriculture, Forestry and Bioresources, Seoul National University,
Seoul 08826, Republic of Korea

(Received September 6, 2021; Revised December 1, 2021; Accepted December 22, 2021)

ABSTRACT

Growth and yield of field vegetable crops would be affected by climate conditions, which cause a relatively large fluctuation in crop production and consumer price over years. The yield prediction system for these crops would support decision-making on policies to manage supply and demands. The objectives of this study were to compile literatures related to onion and garlic and to perform data-mining analysis, which would shed lights on the development of crop models for these major field vegetable crops in Korea. The literatures on crop growth and yield were collected from the databases operated by Research Information Sharing Service, National Science & Technology Information Service and SCOPUS. The keywords were chosen to retrieve research outcomes related to crop growth and yield of onion and garlic. These literatures were analyzed using text mining approaches including word cloud and semantic networks. It was found that the number of publications was considerably less for the field vegetable crops compared with rice. Still, specific patterns between previous research outcomes were identified using the text mining methods. For example, climate change and remote sensing were major topics of interest for growth and yield of onion and garlic. The impact of temperature and irrigation on crop growth was also assessed in the previous studies. It was also found that yield of onion and garlic would be affected by both environment and crop management conditions including sowing time, variety, seed treatment method, irrigation interval, fertilization amount and fertilizer composition. For meteorological conditions, temperature, precipitation, solar radiation and humidity were found to be the major factors in the literatures. These indicate that crop models need to take into account both environmental and crop management practices for reliable prediction of crop yield.

Key words: Word cloud, Semantic networks, Onion, Garlic, Crop model



* Corresponding Author : Kwang Soo Kim
(luxkwang@snu.ac.kr)

I. 서 언

전 세계적으로 이산화탄소를 비롯한 온실가스의 증가는 지구온난화를 초래하고 있다. 최근 IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) 6차 평가보고서에서 발표한 새로운 온실가스 농도 경로(SSP; Shared Socioeconomic Pathways) 시나리오는 기존의 시나리오(RCP; Representative Concentration Pathways)에 비하여, 기온과 강수량의 증가폭이 더 커질 것으로 전망하고 있어 앞으로 기후변화의 영향은 더욱 심각해질 것으로 예상된다(국립기상과학원, 2019). 여러 산업 분야가 지속되는 기후변화에 영향을 받지만, 농업부문의 영향은 더욱 민감하다. 빈번하게 발생하는 이상기상 현상, 그리고 장기간의 온난화로 인한 기온 상승 등으로 인해 농작물 생산성 및 재배적지가 급격하게 변동되고 있다. 그 중에서도 노지 채소류는 다른 작물에 비해 이상기상 현상으로 인한 생산량의 불안정으로 공급 과잉 또는 부족 현상이 빈번하게 반복되고 있으며, 가격 변동성 또한 증가하고 있다(KOSIS, 2020). 정부에서는 생산자의 소득 안정 및 수급 안정을 위하여 배추, 무, 고추, 마늘 및 양파 등 가격 변동폭이 큰 작물 5종을 대상으로 수급 조절 메뉴얼을 마련하였고, 다양한 방면에서 노지 채소 작물의 가격 안정을 위한 여러 대책을 논의하고 있다. 하지만 이 같은 노력에도 불구하고 주요 노지채소류 작물의 가격 등락폭은 좀처럼 나아지지 않고 있는 것이 현실이다(한국농촌경제연구원, 2020).

노지 채소류의 대표 작물인 양파와 마늘은 동절기 저온으로 인한 동사를 회피하면서, 동시에 생산성을 높일 수 있는 기상여건이 조성된 남부지방의 소수 주산지에서 집약적으로 재배되어 왔다. 양파는 주로 전남(무안, 신안, 함평 등)과 경남(합천, 창녕 등) 지역에서, 마늘은 경남(창녕, 남해 등), 경북(의성 등), 전남(고흥, 해남, 신안 등) 등의 지역에서 재배가 집중되었으나(Song *et al.*, 1985; KOSIS, 2020). 최근에는 기후변화에 따른 주산지의 이동 현상이 진행되고 있다. 일례로, 전라남도는 2001년 기준, 전국 양파 재배면적 중 37% 이상의 가장 넓은 면적이 분포한 지역이었으나, 기후변화에 따른 재배면적의 지속적인 감소로 최근에는 경상남도에 재배면적을 추월당하기도 하였다. 또한 주산지에서 발생하는 갑작스러운 이상기상에 의한 기상조건의 변화로 노지 채소류의 전국적인 생산량을 예측하고 대응하는데 상당한 어려움을 미치고 있다. 따라서 국내에서 재배되는 주요 노지채소 작물에 대하여 기상 조건 변화

에 따른 작물의 생육 변화 양상을 사전에 파악하고 수확량을 예측할 수 있다면, 농산물의 가격변동에 대응하기 위한 관련 기관의 정책 의사결정에 활용될 수 있을 것이다.

농작물의 생산량 예측을 위한 대표적인 방법으로 작물모형을 활용한 연구가 활발히 진행되고 있다(Andarzian *et al.*, 2008; Reddy and Pachepsky, 2000; Kim *et al.*, 2020; Lee *et al.*, 2020).. 국내에서는 작물의 단위 면적당 수량을 예측하기 위하여 기존의 생산량 관측값과 생산량 영향 인자 사이의 관계를 경험적으로 파악하는 모형들이 주로 개발되어 왔다(Kim *et al.*, 2012a; Kim and Yun, 2015; Shim *et al.*, 2010). 대부분 이들 모형은 월별 기후자료에 따라 도 단위 또는 지점 단위의 공간 규모에 한정하여 작물 생육 특성을 계산하고 있다. 급격하고 국지적으로 변화하는 기후변화 요소, 복잡한 우리나라의 지형환경 요소 등을 반영하기 어려운 한계를 가지고 있는 것이다. 앞으로의 모형 예측력 향상을 위해서는, 앞선 연구들이 고려하고 있는 환경 요인들을 찾아 분석하고, 여기에 고해상도 상세 기상정보 등과 같은 작물의 생육 양상을 면밀히 반영할 수 있는 시공간적인 요소들이 반영되어야 할 것이다.

본 연구에서는 정밀한 작물 생육 모형의 개발에 앞서 대표적인 노지 채소 작물인 마늘과 양파를 대상으로 문헌 조사를 수행하여 작물의 생육 및 생산성과 관련한 연구 동향을 분석하고자 하였다. 특히, 작물의 생육 또는 생산성을 예측하는 모형에 관한 문헌들을 분석하고 모형 개발을 위해 고려해야 할 요소를 찾아 그 시사점을 파악하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

2.1. 노지채소 생육 및 생산량 모델에 대한 국내외 현황 분석

국내 노지 채소의 생육 및 생산성에 관여하는 인자를 탐색하고, 예측모형을 비교 및 분석하기 위해 주요 키워드를 선정하여 학술검색 데이터베이스의 검색 결과를 수집하였다. 문헌검색을 위해 사용된 키워드는 garlic, onion, growth, yield, production 및 model 등으로 세부적인 키워드 사용 예시는 Table 1에 제시하였다. 각 작물별로 발표된 문헌들을 검색하기 위해 생육 또는 생산성 키워드를 각각 조합하였다. 생육과 생산성과 관련된 문헌을 먼저 검색한 후, 모형 관련 문헌 검색

Table 1. List of keywords used to collect literature data

	Keywords in English
1	“Onion” + Growth
2	“Onion“ + Yield Production
3	“Onion” + Model
4	“Onion” + Growth + Model
5	“Onion” + Yield Production + Model
6	“Garlic” + Growth
7	“Garlic” + Yield Production
8	“Garlic” + Model
9	“Garlic” + Growth + Model
10	“Garlic” + Yield Production + Model

을 추가적으로 수행하였다.

문헌 자료는 제목, 초록 등 구조화된 형태로 관련 연구의 분석이 용이한 학위논문, 국내외 학술논문, 국가 연구개발(R&D) 과제를 대상으로 분석하였다. 일반인들에게 공개된 데이터베이스를 활용하여 국내외에서 발표된 문헌들을 수집하였고, 국내 학위논문은 학술연구정보 서비스(RISS; <http://www.riss.kr>)를 활용하였다. 마늘과 양파의 생육 및 수량과 관련된 국내 연구개발 과제 보고서에 대한 자료는 국가과학기술지식정보서비스(NTIS; <http://www.ntis.go.kr>) 를 통해 수집하였으며, 해외에서 발표된 문헌 자료들은 SCOPUS (<http://www.scopus.com>)를 사용하였다.

2.2. 텍스트마이닝 분석

양파와 마늘의 생육 및 생산성과 관련된 키워드로부터 수집된 문헌들을 사용하여 텍스트마이닝(textmining) 분석을 수행하였다. 텍스트마이닝은 무의미한 자연어 모음으로부터 패턴을 찾아 새로운 정보를 추출하는 방법으로 데이터베이스에서 추출된 핵심어의 경향과 관계를 찾는데 유익하다(Kostoff *et al.*, 2001; Maimon and Rokach, 2010).

수집된 논문의 초록과 연구보고서의 요약문, 키워드를 추출하여 워드클라우드와 의미연결망 분석으로 나누어 진행하였다. 워드클라우드는 문서 내 키워드, 개념 등을 직관적으로 파악할 수 있도록 빈도나 중요도 등에 따라 크기를 크게 표현해 이미지로 나타내는 방식이다(Lee *et al.*, 2019). 본 연구에서는 통계분석 소프트웨어 패키지인 R을 사용하여 양파와 마늘 관련 문헌들의 키워드 조합의 워드클라우드 분석을 수행하였고, 이

를 위해 tm 및 wordcloud2 패키지를 사용하였다. 의미 연결망 분석은 한 문단 혹은 문장에서 메시지를 형성하는 단어들끼리의 관계에 대한 구조적 패턴을 시각화하는 방법과 의미를 분석함으로써 관계 형태 속에 내포되어있는 내용까지 도출할 수 있는 분석방법이다(Doerfel and Barnett, 1999; Schnegg and Bernard, 1996; Cha, 2015). 의미연결망 분석에는 Bastian and Hetmann (2009)이 개발한 Gephi를 사용하였다.

텍스트마이닝 분석을 위해 논문이나 보고서 등 문헌에서 추출한 단어들은 동일한 의미를 가지더라도 대소문자, 띄어쓰기, 복수형/단수형, 작물 학명 등 다양한 표기 방법에 따라 다른 단어로 분류될 수 있으므로, 일정한 기준에 맞추어 정제된 단어로 변환하는 전처리 과정이 필요하다. 따라서, 본 연구에서는 관련 문헌의 내용에서 영문 키워드를 중심으로 추출하되 형용사, 부사, 동사형의 단어, 그리고 특수문자를 포함하는 경우 분석에서 제외하였다. 띄어쓰기를 포함한 단어는 그대로 분석에 활용되도록 공백을 하이픈으로 (-) 대체하였고, 대문자는 소문자로, 단어 복수형은 단수형으로 변환하여 사용하였다. 또한 “article”, “crop”, “plant”, “study” 등과 같이 작물의 생육이나 생산성과 관련성이 없거나, 검색 대상 작물 단어는 학명을 포함하여 분석에서 제외하였고, 문헌을 수집하기 위해 사용된 키워드 역시 텍스트마이닝 분석에서 제외하였다.

2.3. 양파, 마늘 생육 및 수량에 영향을 미치는 인자 탐색

RISS를 사용하여 수집된 국내 학술 논문과 국내 학술 발표 자료들을 대상으로 생육에 영향을 미치는 요소

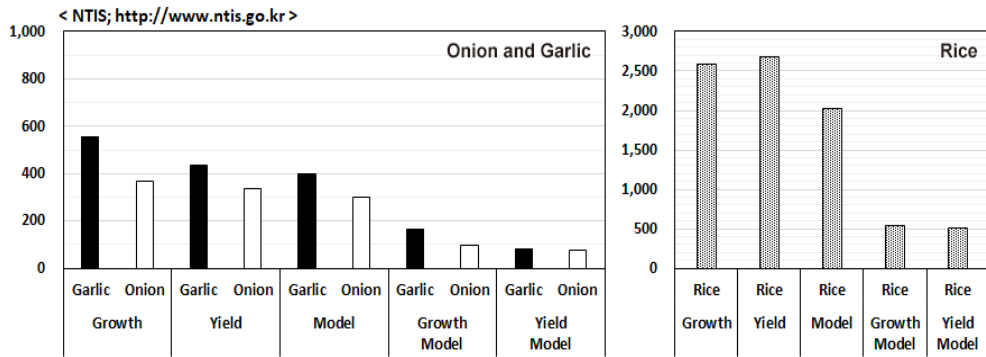


Fig. 1. The number of national R&D tasks performed for each keyword.

를 기상, 토양, 재배관리 조건 등 크게 3가지로 나누어 관련 연구 사례들을 분류하였다. 키워드 검색을 통해 수집된 논문 중에서 초록과 본문 내용을 검토하여 양파, 마늘의 생육 및 수량과 관련된 의미 있는 결과를 도출한 논문들만 따로 선별하였다. 생육 또는 수량에 영향을 미친 요소들의 성격에 따라 토양 조건, 재배관리 조건, 기상 조건으로 나눈 뒤(독립변수), 조건들의 변동으로 영향을 받을 수 있는 생육 또는 수량 관련인자(종속변수)를 표로 정리하였으며, 분석된 결과를 토대로 양파와 마늘의 생육 진행 정도와 수확량에 영향을 미치는 요소가 무엇인지 파악하였다.

III. 결과 및 고찰

3.1. 노지채소 생육 및 생산량 모델에 대한 국내외 현황 분석

양파와 마늘의 생육 또는 수량과 관련한 각종 연구 사례를 수집하여 종류별로 분석하였으며, 비교 대상으로 식량작물인 벼를 선정하여 양파와 마늘과 동일한

방식으로 문헌들을 수집하고 정리하였다.

키워드들의 조합으로 NTIS에서 검색된 국가 연구개발(R/D) 과제 수는 Fig. 1과 같다. 전반적으로 양파보다는 마늘과 관련한 연구과제 건수가 상대적으로 많았으며, 수량보다는 생육과 관련한 연구가 많은 것으로 나타났다. 키워드 별로 300~500건의 연구사례가 검색되었으며, 비교 대상으로 검색한 벼의 경우는 약 2천 건 이상의 연구과제가 검색되었다.

독립된 키워드가 아닌 키워드를 조합하여 검색하였을 경우, 검색되는 연구과제 건수는 줄어들었다. 특히, 키워드 조합에 모델을 추가하였을 때 검색되는 문헌의 수는 상당히 줄어들었다. 반면, 벼의 경우, 생육 및 수량과 모델의 키워드 조합을 사용하더라도 비교적 많은 건수의 연구과제가 검색되었다. 예를 들어, 생육+모델과 수량+모델을 사용하여 검색된 연구과제 건수는 양파와 마늘에 비해 크게는 5배 정도 많았는데, 이러한 결과는 연구 수요가 과거부터 많았던 식량 작물과는 달리, 마늘과 양파 등의 조미 채소 작물들은 상대적으로 적은 수의 연구들이 수행되었다는 것을 의미한다. 특

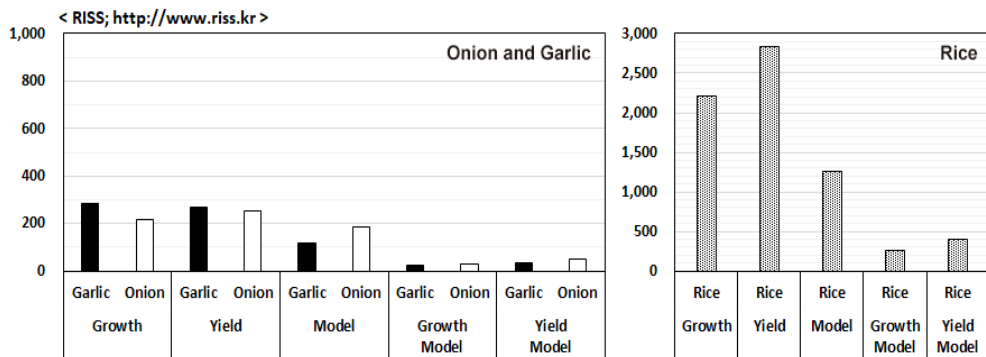


Fig. 2. The number of dissertations (theses) published for each keyword.

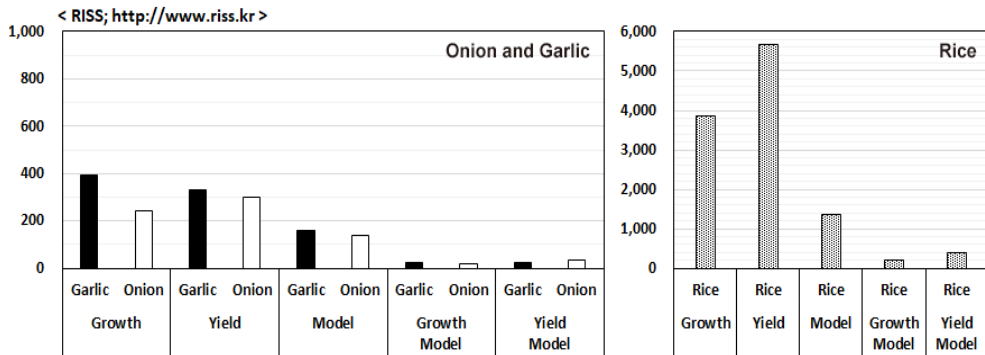


Fig. 3. The number of Korean papers published for each keyword.

히, 생육이나 생산량을 예측할 수 있는 모형과 관련한 연구가 특히 더 부족하였음을 정량적으로 확인할 수 있었다.

국내 학위 논문에서 확인한 마늘과 양파 관련 연구 또한 다르지 않았다(Fig. 2). 생육 또는 수량과 관련한 마늘의 학위논문 건수는 동일 분야 연구과제 건수에 비해 각각 51.2% 및 61.5%에 해당하였다. 양파의 생육 또는 수량 관련 학위논문 건수는 연구과제 건수의 58.6% 및 74.6%로 나타나, 마늘에 비해 연구과제 대비 많은 학위논문 수가 검색되었다. 그러나 벼의 생육, 수량과 관련된 학위논문 건수는 마늘과 양파의 학위논문 건수에 비해 약 7배 정도 더 많았다.

모형과 관련한 학위논문은 마늘이나 양파보다 벼를 대상으로 한 논문이 10배 가량 많았다. 이러한 결과는 분명 마늘, 양파보다 연구 사례가 많은 벼를 대상으로 모델을 개발하거나 활용할 때 더 좋은 성과들을 도출할 가능성이 높아질 것임을 예상하게 된다. 근본적으로는 마늘과 양파의 모델링과 관련한 연구자 기반이 식량작물에 비해 상당히 적어 노지 채소의 활발한 연구와 성

과를 위해서 인프라 구축이나 인재 양성이 필요하다는 것을 시사한다.

연구과제가 활발하게 수행되지 않은 작물의 경우, 이와 관련한 학술논문의 발표 건수 역시 적었다(Fig. 3). 학위논문 건수에서 나타난 것과 같이, 관련 연구자의 수가 많지 않은 환경에서는 관련 연구성과 또한 적어, 게재되는 관련 논문 건수가 식량작물에 비하여 상대적으로 적은 연구결과가 발표되었다. 국내 학술논문의 경우, 생육 관련 마늘과 양파의 논문 건수, 수량 관련 마늘과 양파의 논문 건수, 모델만을 키워드로 사용하여 검색된 논문 수, 모두 벼에 비해 대략 10% 수준으로 검색되었다.

해외에서 발표된 논문들의 검색 건수도 국내와 비슷한 양상이었다(Fig. 4). 생육 또는 수량과 관련한 마늘 논문에 비해 벼를 대상으로 하는 논문들은 각각 약 20.1배 및 24.7배에 이르는 건수들이 검색되었다. 다만, 양파의 경우, 국내와는 다르게 마늘보다 높은 비율의 논문 검색 결과를 보였다.

특히, 모델을 포함한 키워드 조합으로 검색된 논문

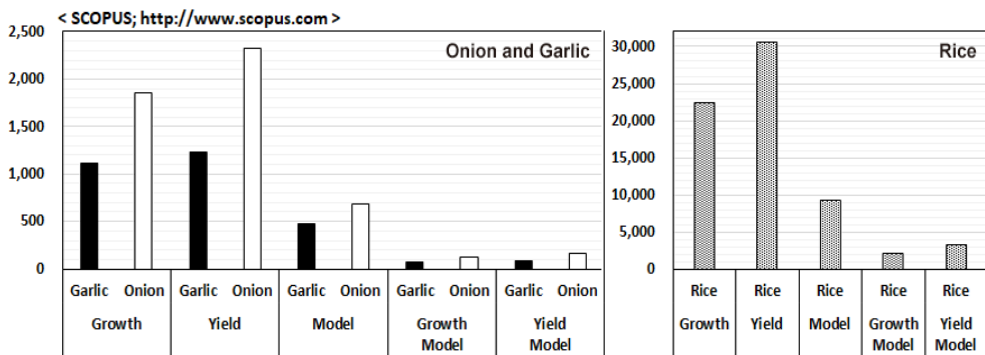


Fig. 4. The number of international papers published for each keyword.

Table 2. The results of frequency analysis by combining each keyword with onions or garlic

Rank	“Onion” + Growth	Freq.	“Garlic” + Growth	Freq.
1	yield	68	yield	46
2	allelopathy	44	garlic mustard	40
3	onion thrips	32	extract	30
4	welsh onion	32	allicin	28
5	germination	31	garlic extract	27
6	lettuce	28	growth performance	27
7	arbuscular mycorrhizal fungi(amf)	26	essential oil	25
8	tomato	25	broiler	23
9	biological control	24	lactic acid bacteria(lab)	21
10	abiotic stress	23	antioxidant	19
Rank	“Onion” + Yield Production	Freq.	“Garlic” + Yield Production	Freq.
1	onion thrips	70	allicin	34
2	growth	41	extract	33
3	bulb yield	40	alliin	26
4	cropping system	32	growth	25
5	intercropping	32	intercropping	24
6	quality	31	antioxidant	21
7	breeding	30	essential oil	21
8	quercetin	30	tomato	21
9	water use efficiency	30	antioxidant activity	19
10	welsh onion	29	cholesterol	17
Rank	“Onion” + Model	Freq.	“Garlic” + Model	Freq.
1	antioxidant	23	antioxidant	25
2	quercetin	20	allicin	20
3	flavonoid	14	oxidative stress	18
4	drying	13	aged garlic extract	11
5	epidemiology	13	climate change	11
6	allium	10	fermentation	11
7	climate change	10	rat	11
8	kinetic	10	spice	11
9	onion peel	10	apoptosis	10
10	response surface methodology(rsm)	10	garlic oil	10
Rank	“Onion” + Growth + Model	Freq.	“Garlic” + Growth + Model	Freq.
1	big data	5	climate change	6
2	growing degree days(gdd)	5	remote sensing	6
3	remote sensing	5	allicin	4
4	allelopathy	4	apoptosis	4
5	arabidopsis	4	big data	4
6	carrot	4	spice	4

7	crop model	4	temperature	4
8	germination	4	unmanned aerial vehicle(uav)	3
9	temperature	3	growing degree days(gdd)	3
10	growth model	3	production forecasting	3
Rank	“Onion” + Yield Production + Model	Freq.	“Garlic” + Yield Production + Model	Freq.
1	climate change	7	climate change	7
2	flavonoid	7	remote sensing	7
3	remote sensing	7	diallyl disulfide	5
4	big data	5	big data	4
5	epidemiology	5	allicin	3
6	irrigation scheduling	5	garlic oil	3
7	potato	5	growth	3
8	water productivity	4	production forecasting	3
9	optimization	4	risk management	3
10	optimized regulated deficit irrigation(ordi)	4	chinese cabbage	3

의 건수는 상당히 적기 때문에, 모델 개발을 위해서는 생육이나 수량과 관련된 논문으로부터 얻어지는 연구 사례들을 적극적으로 활용하여야 할 것이며, 관련 연구 과제들을 지속적으로 수행하여 확장성을 도모해야 한다는 것을 시사한다. 모델이 개발되기 위해서는 생육과 수량과 관련한 여러 관측정보가 필요하다. 상대적으로 많은 연구 사례가 있었던 벼의 경우 작황시험보고서 등의 수량관련 관측정보가 다수 존재하여, 이를 활용한 사례가 많다. 해외에서 개발된 모델을 국내에 적용하거나, 국내에서도 모델 개발과 관련한 연구의 사례가 다수 있으며, 그 신뢰도 또한 인정받아 정책 활용 등에 활발히 활용 중이다(Kim et al., 2019). 반면, 노지채소 작물의 경우, 생육과 수량 관련 자료의 양이 부족하므로, 이러한 관측자료를 구축하기 위한 지속적인 노력이 필요할 것이다. 이러한 관측자료가 축적될 경우, 국내 환경에 적용 가능한 신뢰도 높은 작물모형을 구축할 수 있도록 지원될 수 있다.

3.2. 텍스트마이닝 분석

논문의 초록과 연구보고서의 요약문, 키워드에서 추출된 단어의 빈도수와 워드클라우드를 통해 양파와 마늘의 생육, 수량, 모델과 관련된 주요 연구 주제들을 분석하였다(Table 2; Fig. 5; Fig. 6). 생육+모델 및 수량+모델의 키워드 조합으로부터 검색된 논문 건수는 생육, 또는 수량과의 결과에 비해 관련 단어의 빈도수는 많지 않았으나, 해당 주제에 대한 연구 선호도는 확

인할 수 있었다. 예를 들어, 양파의 경우 생육+모델의 키워드 조합에서 많은 빈도수를 나타낸 단어는 빅데이터(big data), GDD (growing degree days), 원격탐사(remote sensing) 등으로 확인되었다(Fig. 5A). 일정 기온 이상일 때의 기온 누적분을 활용하여 생육의 진행을 간단히 모의할 수 있는 GDD 방법이 양파의 생육 추정 에 많이 활용되고 있다고 예상할 수 있으며, 양파의 생육에 큰 영향이 미치는 기상요소가 기온일 수 있음을 설명해주고 있다. 또한, 최근에 연구가 활발하게 진행되고 있는 드론 및 위성영상 등의 원격탐사 기법을 활용하여 양파의 생육을 관찰하고, 이를 바탕으로 앞으로의 생육이나 수량을 예측하는 관련 연구도 비교적 많이 수행되었음을 확인할 수 있었다.

양파의 수량 모델과 관련한 분석 결과는 생육 모델로 검색된 결과와는 일부 다른 양상을 보였다(Table 2; Fig. 5B). 예를 들어, 양파와 수량+모델의 분석 결과 가장 많은 빈도수를 보인 단어 중 하나는 기후변화(climate change)로 확인되었다. 이러한 검색 결과는 수량을 예측하기 위한 배경이 기후변화였거나, 기후변화가 양파의 수량 변화에 미치는 영향 등을 분석하기 위한 연구가 비교적 활발하게 이루어졌음을 유추할 수 있었다. 또한, 양파의 생육 모델의 경우 온도와 관련한 단어의 빈도가 높았지만, 수량의 경우는 관개와 관련한 단어의 빈도수가 많았다. “irrigation”, “water productivity”, “optimization” 등이 관개 관리와 연관된 단어이며, 재배관리 방법 중 관개 방식이 수량에 영향을 줄 수 있음

큰 그룹의 주요 단어들은 기후변화(climate change), 원격탐사(remote sensing), 마늘의 화합성분(diallyl disulfide), 빅데이터(big-data), 수량(yield), 모델링(modeling) 등이었다. 먼저 기후변화의 경우 농림기상(agro-meteorology), 생육반응(growth-response), 위험예측(risk evaluation) 등과 연결되어, 기후변화가 생육에 미치는 영향을 구명하고, 마늘 생장에 예상되는 위험 정도를 판단하고자 하는 연구가 상당히 진행되었음을 확인할 수 있었다. 다음으로 원격탐사의 경우 생육(growth), 생산량예측(production forecasting), 작물생육 모니터링(crop growth monitoring)과 각각 연결되어 인공지능이나 드론 등을 이용하여 작물의 생육진행을 관측하고, 이를 통한 수량 예측을 모의하고자 하는 연구 사례를 연결망을 통해 확인할 수 있다. 한편, 양파와 마찬가지로 화합성분에 대한 연구 또한 diallyl disulfide, asthma (천식), antioxidant (산화방지) 등의 연결고리를 통해 마늘의 성분이 질병 치료 및 개선에 주는 효과와 관련되어 연구가 진행되었음을 예상할 수 있다.

3.3. 양파, 마늘 생육 및 수량을 예측하기 위한 인자 탐색

문헌에서 조사된 내용들을 토대로 마늘과 양파의 생육과 수량에 영향을 주는 요소들을 재배관리, 토양 및 기상 조건별로 분류하여 표로 정리하였다(Table 4 and Table 5). 연구 사례를 통해 확인된 양파와 마늘의 생육

및 수량에 영향을 미치는 요소들이 작물별로 큰 차이를 보이지는 않았다. 토양 조건과 관련한 인자로는 양파의 경우 크게 토양의 화학성과 토양 내 수분이, 마늘의 경우 지중/지면온도, 토양종류, 토양 내 pH 농도 등이 언급된 연구 사례가 많았고, 구체적으로 토양 내 pH 농도에 따른 생육 진행의 차이, 또는 토양 내 무기질 함량의 차이에 따른 수량의 변화 등과 관련한 논문들이 검색되었다. 기상 조건의 경우에는 작물의 생육환경 조건과 관련한 기온, 습도, 일사량, 강수량 등이 언급되었다. 그 중 온도와 관련된 연구 사례가 가장 많았으며, 관련하여 연구 챔버(chamber)로부터 생육 환경 조건에 따라 작물의 생육 및 수량의 변화를 연구한 사례가 포함되었다.

외부 환경조건에 직접적으로 노출되는 노지 채소작물은 생육환경의 특성상 기상과 토양인자가 생산성을 결정하는 중요한 요인으로 다뤄지고 있었다. 연구사례에 따르면 양파와 마늘을 대상으로 시험포장에서 조사된 수량을 기상이나 토양인자로부터 예측하는 다양한 기술들이 개발되었고(Table 4 and Table 5), 상세 격자형태의 기상 분포도를 활용하여 미관측지점에 대한 생산성을 예측하는 연구들도 진행되고 있었다. 일례로 Kim and Yun(2016)은 양파와 마늘과 같은 노지 채소작물인 여름 배추를 대상으로, 잠재수량의 미래 전망을 위해 특정 지점의 기상값이 아닌 높은 해상도의 격자형 기상분포도를 이용함으로써 배추 주산단지의 미래 지리적 이동 전망과 이를 바탕으로 지역별로 일정 생산성

Table 4. Factors affecting growth and yield of onion (dependent variable) and list of papers used for analysis

Soil	Weather	Management
		Planting date
	Temperature (minimum, maximum, average)	Seed treatment
Soil PH	Storage temperature	Chemical composition of fertilizer
Soil mineral contents	Relative humidity	Fertilizer treatment (application rate of fertilizer)
Soil water	Sunshine duration	Fertilization (Number of fertilizing, Number of additional fertilizing)
	Daylength	Methods of additional fertilizing / Material of additional fertilizing
	Precipitation	Irrigation interval
		Mulching materials / Mulching color, etc.
Kim, 1995;	Baek and Kim, 2020;	Choi <i>et al.</i> , 2000; Cho <i>et al.</i> , 2006;
Lee <i>et al.</i> , 2018;	Bae <i>et al.</i> , 2016; Kim <i>et al.</i> , 2021;	Cho <i>et al.</i> , 2000; Ham <i>et al.</i> , 2000;
Lee <i>et al.</i> , 2012;	Ku <i>et al.</i> , 2008; Lee and Suh, 2009a;	Huh <i>et al.</i> , 2004; Kim <i>et al.</i> , 1998;
Lee <i>et al.</i> , 2006;	Lee <i>et al.</i> , 2014; Lim <i>et al.</i> , 2002;	Kim <i>et al.</i> , 2015; Lee and Suh, 2009b;
Lee <i>et al.</i> , 2009	Oh and Kim, 2017; Song <i>et al.</i> , 2017;	Lee <i>et al.</i> , 2009; Lee, 2001;
	Song <i>et al.</i> , 2018; Lee <i>et al.</i> , 2020	Nam and Choe, 2015

Table 5. Factors affecting growth and yield of garlic (dependent variable) and list of papers used for analysis

Soil	Weather	Management
Soil temperature	Temperature (maximum, minimum, average)	Cultivar
Surface temperature	Average wind speed	Bulb size
Soil type	Relative humidity	Planting date
Soil PH	Solar radiation	Fertilization, Number of fertilizing,
Soil chemical property	Sunshine duration	Chemical composition of fertilizer
Water potential	Precipitation	Planting area / Planting density /
		Substrate type
		Water balance (consumptive use of water, water deficit, etc.)
		Growing media
		Planting container
		Species of nutrient solution
Choi <i>et al.</i> , 2009; Lee <i>et al.</i> , 2018; Li <i>et al.</i> , 2011; Kim <i>et al.</i> , 2000; Kim <i>et al.</i> , 2011; Nam <i>et al.</i> , 2005; Oh and Koh, 2020	Ahn <i>et al.</i> , 2010; Bae <i>et al.</i> , 2002; Choi and Baek, 2016; Kim, 2018; Hwang and Tae, 2000; Lee, 2014; Lee and Lee, 1994; Lee <i>et al.</i> , 1997; Lim <i>et al.</i> , 2016; Moon <i>et al.</i> , 2014; Oh <i>et al.</i> , 2019a; Oh <i>et al.</i> , 2019b; Oh <i>et al.</i> , 2020; Oh <i>et al.</i> , 2015; Oh <i>et al.</i> , 2017; Park <i>et al.</i> , 2018; Suh and Park, 1994; Wi <i>et al.</i> , 2017; Tae and Hwang, 2000	Kim <i>et al.</i> , 2012b; Choi <i>et al.</i> , 2009; Ryu <i>et al.</i> , 2020; Yang <i>et al.</i> , 2006; Lee <i>et al.</i> , 1999; Ha and Kim, 2016; Ha <i>et al.</i> , 2000; Oh and Koh, 2020; Cui <i>et al.</i> , 1999

을 보장할 수 있는 최적의 정식 시기를 추천한 바 있다. 고해상도의 기상정보와 토양정보를 양파와 마늘의 수량 예측기술에 활용할 경우, 다양한 공간적인 분석을 통해 작물의 안정적인 생산 기반 수급정책 수립이나 기후변화 대응을 위한 재배지 변동 예측 등 유용한 정보 제공이 가능해질 것으로 기대된다.

토양 조건이나 기상 조건의 경우 관련한 인자의 종류가 한정적인데 반해, 재배관리 조건은 재배에 필요한 다양한 인자들이 연구 대상이 될 수 있다. 특히, 인위적으로 생산성을 향상시키기 위한 기존 재배관리 방식의 변화가 양파나 마늘의 생육 및 수량에 어떠한 영향을 미치는지에 대한 연구들이 주로 이루어졌다. 주로 파종 시기나 작물의 종자 처리방식, 또는 비료 처리방식(시비량, 비료 성분, 추비량, 추비 성분, 추비 횟수 등), 관수 간격, 멀칭 소재, 재식 용기, 양액 종류 등이 연구 대상이었다. 예를 들어 파종시기를 변경하였을 때 생육이나 수량의 변화에 관한 연구, 시비량에 따른 생육 진행 정도를 분석한 연구, 관수 간격에 따른 생육 진행 정도의 차이에 관한 연구 등이 수행되었다.

3.4. 고찰 및 결론

심화되는 기후변화에 농작물의 생산성의 감소를 막

고 적응하기 위해서는 그 대응의 첫번째로 다양한 환경에서의 생육이나 수량을 모의할 수 있는 작물모형 개발이 필요하다. 특히 기상요건에 따라 생산량에 큰 영향을 받는 노지채소 작물에 대한 연구의 필요성이 확대되고 있다. 그러나 국내의 문헌검색 결과에 의하면 식량 작물에 비해 마늘과 양파와 같은 노지채소 작물과 관련한 논문이나 관련 연구자료는 국내뿐만 아니라 해외에서도 많지 않은 경향임을 확인할 수 있었다. 과거에 비해 농산물에 대한 수요는 식량작물보다 다양한 종류의 농산물, 특히 조미채소 등으로 확대되고 있어 이들을 대상으로 하는 재배적지 및 생산성 예측과 관련한 연구들 또한 이에 맞춰 확대되어야 할 것이다.

텍스트마이닝 분석 결과에 따르면, 양파와 마늘의 생육을 예측하기 위한 작물모형들은 주로 재배관리와 기후변화에 따른 영향을 파악하기 위해 개발되어 왔다. 또한 양파와 마늘의 생산성의 영향을 미치는 요건을 조사한 결과 토양조건의 경우 화학적인 특성, 재배관리 조건의 경우 시비량과 같은 토양조건에 대한 관리, 기상조건의 경우 특히 온도와 관련한 환경인자에 대한 연구가 많이 수행되었고, 생산성에 영향을 미치는 가장 큰 요인으로 조사되었다. 이러한 결과는 작물모형 개발에 활용할 수 있는 입력 요소로 개별 농가 단위로 판별

이 가능한 공간규모를 가지는 토양 정보와 상세 기상정보를 확보하여 활용할 경우 신뢰도 높은 작물의 생산성 예측이 가능해질 것으로 예상할 수 있게 한다. 따라서, 본 연구에서 조사된 요소들과 관련한 관측자료의 수집과 관측체계의 개선을 지원하기 위한 연구를 지속적으로 수행하여 신뢰도 높은 작물모형 개발을 위한 기반이 구축되어야 할 것이다.

적 요

농산물 중에서도 노지채소는 생육특성상 기상요건의 변화에 민감하게 반응한다. 온난화로 인한 노지 채소류의 급격한 재배적지 및 생산성 변동의 대응 방안으로 작물모형을 활용한 연구가 활발히 진행되어 왔으며 신뢰도 높은 생산성 예측을 위해 관련된 다양한 요인에 대한 분석이 필요한 상황이다. 본 연구에서는 정밀한 작물 생육 모형의 개발에 앞서 대표적인 노지 채소 작물인 마늘과 양파를 대상으로 문헌 조사를 수행하여 생육 및 생산성과 관련된 모형 개발 연구 동향을 분석하였다. 또한, 작물의 생육 또는 생산성을 예측하는 모형에 관한 문헌들을 분류하여 모형 개발을 위한 시사점을 파악하고자 하였다. 이를 위해 문헌이 수록된 데이터베이스를 이용하여 키워드 조합으로 검색하여 얻어진 관련 문헌들을 수집하였으며, 텍스트마이닝 기법 중 워드클라우드와 의미연결망을 활용하여 수집된 논문들에서 나타난 연구 동향을 분석하였다. 또한 각각의 문헌들을 분석하여 양파와 마늘의 생육 및 수량에 영향을 미치는 요소를 탐색하였다. 그 결과 국내외 모두 식량작물인 벼에 비해 노지채소는 문헌 건수가 월등히 적었다. 또한 텍스트마이닝을 통한 분석결과 연구동향의 경우 기후변화와 원격탐사 등이 주로 검색되었으며, 작물 생육 관련인자로는 기온, 관수 등이 많은 것으로 조사되었다. 문헌 분석을 통해 확인된 마늘과 양파의 생산성에 영향을 미치는 조건들은 환경 및 재배요인에 따라 다양하게 나타났는데, 토양 조건의 경우 토양 무기 성분, pH 농도 및 토양 수분 등이, 생산성과 관련된 재배 관리 조건으로는 파종 시기, 품종, 종자처리 방식, 관수 간격, 시비량 및 비료 성분 등이 주요 인자로 분류되었다. 기상 조건의 경우, 기온, 강수량, 일사량 및 습도 등이 다수의 문헌에서 주요 인자로 사용되었다. 본 연구의 결과들은 차후 추가적인 작물모형 개발에 활용할 수 있는 핵심적인 입력 요소를 파악하기 위해 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ015123032021) 및 한국농수산식품유통공사 용역과제(계약번호 20200701551-00)의 지원에 의해 이루어진 것이며, 최종보고서 중 일부를 발췌하여 작성되었습니다.

REFERENCES

- Ahn, Y. K., G. L. Choi, and H. S. Choi, 2010: Productivity of seed garlic using garlic bulbils as affected by planting dates and storage temperatures. *Korean Journal of Horticultural Science & Technology* **28**(6), 959-963.
- Andarzian, B., A. Bakhshandeh, M. Bannayan, Y. Emam, G. Fathi, and K. A. Saeed, 2008: Wheatpot: a simple model for spring wheat yield potential using monthly weather data. *Biosystems Engineering* **99**(4), 487-495.
- Baek, H. S., and I. S. Kim, 2020: An analysis of the impact of climate change on the Korean onion market. *Journal of Industrial Distribution & Business* **11**(3), 39-50.
- Bae, R. N., S. D. Yun, Y. K. Ahn, I. J. Mok, and C. I. Lim, 2002: Differences in plant growth and bulb development as affected by storage temperatures of two garlic (*Allium sativum* L.) cultivars. *Korean Journal of Horticultural Science & Technology* **20**(2), 95-99.
- Bae, Y.-S., H. J. Choi, J. S. Lee, M. H. Park, J. W. Choi, and J. G. Kim, 2016: Effect of packing type and storage temperature on microbial growth and quality of fresh-cut onions (*Allium cepa* cv. turbo). *Korean Journal of Food Preservation* **23**(5), 623-630.
- Bastian, M., and S. Heymann, 2009: Gephi: An open source software for exploring and manipulating networks. *Proceeding of International AAAI Conference on Weblogs and Social Media*. Association for the Advancement of Artificial Intelligence. May 17-20, San Jose, California.
- Cha, M. K., 2015: Semantic network analysis of "Arts management" in Newspaper Articles - From 1990 to 2014. *The Journal of Cultural Policy* **29**(2), 168-201.
- Choi, H. S., E. Y. Yang, W. B. Chae, Y. B. Kwack, and H. L. Kim, 2009: Effect of soil

- temperature, seedtime, and fertilization rate on the secondary growth in the cultivation of the big bulbils of Namdo garlic (*Allium sativum* L.). *Journal of Bio-Environment Control* **18**(4), 454-459.
- Choi, S. C., and J. S. Baek, 2016: Garlic yields extimation using climate data. *Journal of the Korean Data And Information Science Society* **27**(4), 969-977.
- Choi, Y.-M., J.-N. Lee, J.-T. Lee, G.-O. Cho, and W.-B. Kim, 2000: Yield and storability of onion (*Allium cepa* L.) according to application of controlled-release fertilizer in Alpine area. *Horticulture Environment and Biotechnology* **41**(5), 499-502.
- Cho, S. K., E. T. Lee, Y. J. Oh, I. H. Choi, Y. J. Kim, and J. G. Kim, 2006: Effect of paddy and upland conditions on yield and storage of onion bulbs. *Korean Journal of Crop Science* **51**(5), 401-407.
- Cho, S. K., Y. B. Oh, E. T. Lee, Y. S. Jang, and I. H. Choi, 2000: Growth characteristics of onion (*Allium cepa* L.) under different cultural conditions on paddy and upland. *Korean Journal of Horticultural Science & Technology* **18**(1), 143p.
- Cui, Y. Y., J. H. Seon, K. H. Chung, S. R. Shin, and K. Y. Paek, 1999: Effects of bulb size, type of media, depth of planting, and nutrient compositions on the growth of tissue cultured garlic microbulbs in hydroponic culture. *Journal of Plant Biotechnology* **26**(2), 137-142.
- Doerfel, M. L., and G. A. Barnett, 1999: A semantic network analysis of the international communication association. *Human Communication Research* **25**(4), 589-603.
- Ha, H.-T., J.-M. Hwang, and Y.-M. Park, 2000: Comparison of growth and developmental characteristics of northern type local garlic cultivars in Euseong region. *Korean Journal of Horticultural Science & Technology* **18**(1), 499-502.
- Ham, B.-J., K.-H. Kim, S.-H. Lim, and S.-J. Lim, 2000: Effect of mulching film materials on growth and yield in spring sowing culture of onion. *Korean Journal of Horticultural Science & Technology* **18**(1), 173pp.
- Ha, Y. H., and K. Kim, 2016: Decomposition of supply variability into yield effects and cultivation area effects using a coefficient of variation approach. *Korean Agricultural Economics Association* **57**(3), 37-53.
- Huh, E. J., J. G. Woo, Y. S. Kwon, and K. S. Cho, 2004: Optimum size and storage method of onion sets for spring sowing onion production in highland. *Korean Journal of Horticultural Science & Technology* **22**(4), 416-421.
- Hwang, J. M., and G. S. Tae, 2000: Changes of microclimates and garlic growth in outdoor by mulching and tunnel treatments. *Horticulture Environment and Biotechnology* **41**(1), 27-30.
- Kim, B. Y., 1995: Effect of heavy metal contents in upland soil on the uptake by green onion and lettuce and their growth. *Korean Journal of Environmental Agriculture* **14**(3), 253-262.
- Kim, C.-B. C.-Y. Kim, M. Park, D.-H. Lee, and J. Choi, 2000: Effect of chemical properties of cultivation soils on the plant growth and the quality of garlic. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer* **33**(5), 333-339.
- Kim, C. Y., J. S. Kim, Y. J. Seo, M. S. Heo, and J. H. Park, 2011: Microclimatic change and growth status by soil-covering material in organic garlic cultivation. *Korean Journal of Organic Agriculture* **19**, 234-237.
- Kim, D. J., S. O. Kim, K. H. Moon, and J. I. Yun, 2012a: An outlook on cereal grains production in South Korea based on crop growth simulation under the RCP8.5 climate change scenarios. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **14**(3), 132-141.
- Kim, J., Choi, S. C., Kim, J., and H. S. Seo, 2021: A correlation between growth factors and meteorological factors by growing season of onion. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **23**(1), 1-14.
- Kim, J. H., and J. I. Yun, 2015: A Thermal time-based phenology estimation in Kimchi cabbage (*Brassica campestris* L. ssp. *pekinensis*). *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **17**(4), 333-339.
- Kim, J. H., and J. I. Yun, 2016: Projecting the spatio-temporal change in yield potential of Kimchi Cabbage (*Brassica campestris* L. ssp. *pekinensis*) under intentional shift of planting date. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **18**(4), 298-306.
- Kim, J. H., W. G. Sang, P. Shin, J. K. Baek, C. Cho, and M. C. Seo, 2019: History and future direction for the development of rice growth models in Korea. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **21**(3), 167-174.
- Kim, K. S., Kim, J., and S. Hyun, 2020: Analysis of

- crop survey protocols to support parameter calibration and verification for crop models of major vegetables. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **22**(2), 68-78.
- Kim, S., 2018: Development of examination model of weather factors on garlic yield using big data analysis. *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society* **19**(5), 480-488.
- Kim, T.-W., C.-H. Lee, Y.-D. Bak, Y.-B. Min, and S.-H. Lee, 2015: Productivity and quality characteristics of onions applied with defective onion and purslane extracts during cultivation. *Journal of Agriculture & Life Science* **49**(6), 37-46.
- Kim, W. I., J. K. Suh, H. D. Kim, B. S. Kim, and M. J. Lee, 1998: Effect of topdressing methods of nitrogen fertilizer on growth, yield and storage of onion (*Allium cepa* L.) in mulch-cropping system. *Korean Journal of Food Preservation* **5**(2), 127-132.
- Kim, Y. W., S. Y. Hong, Y. H. Kim, and M. W. Jang, 2012b: Water balance-based farmland suitability for southern-type garlic cultivation. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers* **54**(6), 19-28.
- KOSIS (Korea Statistical Information Service), 2020: (<https://kosis.kr/index/index.do>)
- Kostoff, R. N., D. R. Toothman, H. J. Eberhart, and J. A. Humenik, 2001: Text mining using database tomography and bibliometrics: A review. *Technological Forecasting and Social Change* **68**(3), 223-253.
- Ku, Y.-G., W. Park, E.-T. Lee, C.-W. Kim, Y.-S. Kim, Y.-S. Jang, and S.-J. Ahn, 2008: Effect of high temperature and humidity on Seed Production and Mother Bulb Harvesting of Onion. *Korean Journal of Horticultural Science & Technology* **26**(2), 97-100.
- Lee, E.-J., and J.-K. Suh, 2009a: Effect of watering control on growth and bulb size of plug seedling in onion (*Allium cepa* L.) set production. *Korean Journal of Horticultural Science & Technology* **27**(2), 167-173.
- Lee, E. J., and J. K. Suh, 2009b: Effect of temperature on the growth, pyruvic acid and sugar contents in onion bulbs. *Korean Journal of Horticultural Science & Technology* **27**(4), 554-559.
- Lee, E. Y., K. Chu, and D. H. Lee, 2019: A study on recent trend analysis in consumer research applying word cloud. *Journal of Product Research* **37**(1), 1-7.
- Lee, H.-J., H.-S. Han, S.-U. Chon, D.-K. Kim, H. S. Kwon, and K. D. Lee, 2014: Physiological characteristics and yield of onion affected by rapid temperature changes. *Korean Journal of Environmental Agriculture* **33**(4), 364-371.
- Lee, H. J., S. G. Lee, S. K. Kim, B. Mun, J. H. Lee, H. S. Lee, Y. S. Kwon, J. W. Han, and C. W. Kim, 2018: Effects of combination of air temperature and soil moisture contents on growth, clove initiation, physiological disorders, and yield of garlic. *Protected Horticulture and Plant Factory* **27**(3), 191-198.
- Lee, E. M., and Y. B. Lee, 1994: Systematic propagation of high quality garlic (*Allium sativum* L.) through shoot apical meristem culture I. Organogenesis from in vitro cultured Shoot-tips. *Korean Journal Plant Tissue Culture* **21**(3), 161-166.
- Lee, J. H., J. D. Cheung, J. H. Lim, K. B. Choi, and B. S. Choi, 1999: Effect of media and planting density on growth and yield of leaf garlic in hydroponics. *Korean Journal of Horticultural Science & Technology* **17**(5), 705pp.
- Lee, J., S. Hwang, B. Min, H. Kim, J. Kim, K. Hong, S. Lee, S. Shim, and G. E. Boyhan, 2018: Effect of compost and mixed oilseed cake application rates on soil chemical properties, plant growth, and yield of organic bulb onions. *Korean Journal of Horticultural Science & Technology* **36**(5), 666-680.
- Lee, J.-T., H.-D. Kim, S.-D. Lee, and C.-W. Ro, 2012: Evaluation of composted pig manure and organic fertilizer for organic onion production in paddy soil. *Korean Journal of Horticultural Science & Technology* **30**(2), 123-128.
- Lee, J. T., I. J. Ha, H. D. Kim, J. S. Moon, and S. D. Lee, 2009: Times and frequencies of additional fertilization to improve nutrient efficiency of organic liquid fertilizer for onion organic cultivation. *Korean Journal of Horticultural Science & Technology* **27**(1), 30-36.
- Lee, J. T., I. J. Ha, H. D. Kim, J. S. Moon, W. I. Kim, and W. D. Song, 2006: Effect of liquid pig manure on growth, nutrient uptake of onion, and chemical properties in soil. *Korean Journal of Horticultural Science & Technology* **24**(2), 148-156.
- Lee, K. D., 2014: Effects of rapid temperature change on growth response and yield of garlic in greenhouse with thermostat control system in

- Jeonnam province. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer* **47**(6), 571-578.
- Lee, S. C., 2001: The growth characteristics and yield of treatment onion (*Allium cepa* L.) seed in direct sowing cultivation. *Korean Journal of Plant Resources* **14**(2), 94-101.
- Lee, S. E., Moon, K. H., Shin, M. J., and S. Y. Oh, 2020: Leaf gas-exchange model parameterization and simulation for estimating photosynthesis in onion. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **22**(4), 233-238.
- Lee, S. I. C.-S. Son, and H.-R. Lee, 2020: An analysis of changes onion yields in Korea using panel regression analysis and bayesian network model. *Journal of Rural Development* **43**(2), 1-28.
- Lee, Y.-H., D.-K. Lee, and W.-H. Lee, 1997: Effect of water potential on mycelial growth and production of sclerotia of sclerotium cepvorum. *The Plant Pathology Journal* **13**(4), 200-204.
- Lim, C.-H., G. S. Kim, E. J. Lee, S. Heo, T. Kim, Y. S. Kim, and W. K. Lee, 2016: Development on crop yield forecasting model for major vegetable crops using meteorological information of main production area. *Journal of Climate Change Research* **7**(2) 193-203.
- Lim, C.-S., T.-H. Park, J.-L. Cho, and S.-M. Kang, 2002: Effect of daylength and temperature after bolting on flower curd and seed yield of early onion Samnamjosaeng. *Korean Journal of Horticultural Science & Technology* **20**(4), 306-308.
- Li, J.-X., C.-D. Wee, and B.-K. Sohn, 2011: Effect of functionally - strengthened fertilizers on garlic growth and Soil Properties. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer* **44**(2), 308-315.
- Nam, K.-H., and Y.-C. Choe, 2015: A study on onion wholesale price forecasting model. *Journal of Agricultural Extension & Community Development* **22**(4), 423-434.
- Maimon, O., and L. Rokach, 2010: *Data Mining and Knowledge Discovery Handbook 2nd Ed.* Springer New York Dordrecht Heidelberg London, 1-37.
- Nam, S. S., I. H. Choi, and Y. S. Jang, 2005: Response of root elongation and plant height growth in southern type garlic (*Allium sativum* L.) under different soil water potential conditions. *Korean Journal of Horticultural Science & Technology* **23**(1), 1-5.
- Moon, K. H., K. S. Choi, I. C. Son, E. Y. Song and S. Oh, 2014: A simple emergence model of southern type garlic based on temperature. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **16**(4), 343-348.
- Oh, S., and M. S. Kim, 2017: Predicting Onion Production by Weather and Spatial Time Series Model. *Journal of the Korean Data Analysis Society* **19**(5). 2447-2456.
- Oh, S., K. H. Moon, and S. C. Koh, 2015: Assessment of high temperature impacts on early growth of garlic plant (*Allium sativum* L.) through monitoring of photosystem activities. *Korean Journal of Horticultural Science & Technology* **33**(6), 829-838.
- Oh, S., K. H. Moon, and S. C. Koh, 2017: Effects of different day / night temperature regimes on growth and clove development in cool-type garlic (*Allium sativum* L.). *Korean Journal of Horticultural Science & Technology* **35**(1), 1-10.
- Oh, S.-Y., K. H. Moon, E. Y. Song, M. Shin, and S. C. Koh, 2019a: Photosynthesis and growth of southern-type garlic (*Allium sativum* L.) in response to elevated temperatures in a temperature gradient tunnel. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **21**(4), 250-260.
- Oh, S.-Y., K. H. Moon, E. Y. Song, and S. C. Koh, 2019b: Photosynthesis, growth, and clove formation of southern-type garlic in response to different day/night temperature regimes. *Korean Journal of Horticultural Science & Technology* **37**(6), 696-707.
- Oh, S.-Y., K. H. Moon, M. Shin, and S. C. Koh, 2020: Shoot growth, bulb development and mineral contents of southern-type garlic in response to elevated temperatures in temperature gradient tunnels. *Korean Journal of Horticultural Science & Technology* **38**(4), 440-450.
- Oh, S. Y., and S. C. Koh, 2020: Growth and Mineral Content of Southern-type Garlic Grown in Volcanic and Non-volcanic Ash Soils on Jeju Island. *Korean Journal of Horticultural Science & Technology* **38**(1), 56-65.
- Park, S. H., Y. S. Moon, O. J. Jeong, W. K. Kang, and D. B. Kim, 2018: Analysis of influence on galic crops and its economical value by meteorological and climatological information. *Journal of the Korean earth science society* **39**(5), 419-435.
- Reddy, V., and Y. A. Pachepsky, 2000: Predicting crop yields under climate change conditions from monthly gcm weather projections. *Environmental Modelling & Software* **15**(1), 79-86.
- Ryu, J., J. A. Lee, and B. I. Ahn, 2020: Effects of

- agricultural outlook information on the farmers' adjustment of cultivation area: the case of onion and garlic. *Korean Agricultural Economics Association* **61**(1), 1-25.
- Schnegg, M., and R. Bernard, 1996: Words as actors: A method for doing semantic network analysis. *CAM Journal* **8**(2), 7-10.
- Shim, K. M., K. A. Roh, K. H. So, G. Y. Kim, H. C. Jeong, and D. B. Lee, 2010: Assessing impacts of global warming on rice growth and production in Korea. *Journal of Climate Change Research* **1**(2), 121-131.
- Song, E. Y., K. H. Moon, S. H. Wi, C. H. Kim, C. K. Lim, S. Oh, and I. C. Son, 2017: Impact of elevated temperature in growing season on growth and bulb development of extremely early-maturing onion (*Allium cepa* L. cv. Singsingball). *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **19**(4), 223-231.
- Song, E. Y., K. H. Moon, S. H. Wi, and S. Oh, 2018: Growth and bulb characteristics of extremely early-maturing onion by air temperature variation at different altitudes. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **20**(4), 321-329.
- Song, S. H., J. M. Yoo, Y. K. Hong, D. W. Ree, and S. K. Kim. 1985. Effect of planting date on growth and yield of fall-harvest sweet corn. *Kyonggido Agricultural Research Report* **3**, 89-95.
- Suh, S. K., and H. G. Park, 1994: Effects of temperature pretreatment, growth regulators and antibiotic treatments on anther cultures of various cultivars of garlic (*Allium sativum* L.). *Horticulture Environment and Biotechnology* **35**(4), 337-344.
- Tae, G. S., and J. M. Hwang, 2000: Changes of microclimates and response of garlic growth by supplemental lighting and tunnel in the plastic film house. *Horticulture Environment and Biotechnology* **41**(6), 589-592.
- Yang, C.-H., C.-H. Yoo, B.-W. Shin, J.-D. Kim, and S.-W. Kang, 2006: Effect of band spotty fertilization on yields and Nutrient Utilization of Garlic (*Allium sativum* L.) in Plastic Film Mulching Cultivation. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer* **39**(6), 380-385.
- Wi, S. H., K. H. Moon, E. Y. Song, I. C. Son, S. J. Oh, and Y. Y. Cho, 2017: Growth and fresh bulb weight model in harvest time of southern type garlic var. Namdo based on temperature. *Protected Horticulture and Plant Factory* **26**(1), 13-18.
- 국가과학기술지식정보서비스 (NTIS; <http://www.ntis.go.kr>)
- 국립기상과학원, 2019: IPCC 6차평가보고서 대응 전지구 기후변화 전망보고서 (SSP1-2.6/SSP5-8.5에 따른 기후변화 전망), 39pp.
- 통계청, 2020: 2020년 보리, 마늘, 양파 생산량 조사 결과 (보도자료), 2020.07.20.
- 통계청 국가통계포털 (KOSIS; <https://kosis.kr/index/index.do>)
- 한국농촌경제연구원 농업관측본부 (<https://aglook.krei.re.kr/>)
- 학술연구정보 서비스 (RISS; <http://www.riss.kr>)
- SCOPUS (<http://www.scopus.com>)