

기상요인 변화에 따른 주요 양념채소의 재배면적 및 주요 병해 발생 변화

Changes of Cultivation Areas and Major Disease for Spicy Vegetables by the Change of Meteorological Factors

윤덕훈*[†] · 오소영*¹⁾ · 남기웅**¹⁾ · 엄기철*** · 정필균***

Yoon, Deok-Hoon*[†], Oh, So-Yong*¹⁾, Nam, Ki-Woong**¹⁾,
Eom, Ki-Cheol*** and Jung, Pill-Kyun***

*국립한경대학교 국제농업기술정보연구소, **국립한경대학교 원예학과,
***세종데이터해석연구원

*Research Institute of International Agriculture, Technology and Information,
Hankyong National University, Anseong 456-749, Korea

**Department of Horticulture, Hankyong National University,
Anseong 456-749, Korea

***Sejong Institute of Data Analysis Co, Ltd., Suwon 443-270, Korea

요 지

본 연구에서는 주요 양념 채소류인 고추, 마늘, 양파의 생산량을 결정하는 재배면적 및 병해 발생양상의 변화를 기상요인과의 회귀분석을 통해 재배적지 추정 및 생산량 예측의 정확성을 기하는데 연구의 목적을 두었다. 고추에 있어 기온 및 강수량의 기상요인과 주요 병해인 역병과 탄저병의 발병율을 분석한 결과, 고추 정식기인 5월의 평균 기온이 18.3°C 이상이고, 7월의 평균 강수량이 532 mm 이상인 두 가지 조건을 만족했을 때 발병율이 50%를 넘었다. 고추 CMV와 BBWV2의 경우는 8월의 기상요인과 깊은 관련을 가지고 있는데, 기상요인별 발병율은 서로 반대되는 경향을 보였다. 마늘과 양파의 주요 병해인 흑색썩음균핵병의 발병율과 기상요인과의 관계를 보면, 마늘에서는 강수량보다는 기온이 더 높은 관계를 보였다. 구비대기인 4~5월의 평균기온이 15.0~15.9°C 사이에서 발병율이 가장 높았다. 양파에서는 11~1월의 평균기온이 4.0°C 이상이고, 3월 평균 강수량이 40 mm 이상일 경우, 흑색썩음균핵병 발병율이 증가하는 경향을 보였다. 주요 양념채소의 주요 병해 발생과 기상요인의 관련성을 회귀분석한 결과, 고추와 양파의 경우 재배적지가 증부지방으로 점차 확대될 것으로 추정된다.

키워드 : 고추, 마늘, 양파, 역병, 탄저병, 흑색썩음균핵병

[†] Corresponding author : E-mail: tropagri@hknu.ac.kr

¹⁾ These authors contributed equally to this work

ABSTRACT

This study was conducted to estimate of future productivity for major spicy vegetables by the change of meteorological factors, temperature and precipitation. Based on analysis of meteorological factors, incidence of major disease(phytophthora blight and anthracnose) for hot pepper was over 50% with temperature over 18.3°C in May and precipitation over 532 mm in July. And the meteorological factors in the August have deeply related to the incidence of virus disease(CMV and BBWV2) for hot pepper, however, both the meteorological factors and the incidence of virus disease showed to the opposite tendency. An analysis of the relevance of the white rot disease and the meteorological factors for garlic, a disease was highly investigated with temperature 15.0°C to 15.9°C in April to May. On the onion, higher incidence of white rot was investigated with temperature over 4.0°C in November to January and precipitation over 40 mm in March. The occurrence of major disease for spicy vegetables and meteorological factors as a result of regression analysis, the optimal cultivation area of peppers and onions will be gradually expanded to the central regions in the near future in Korea.

Key words : Red Pepper, Garlic, Onion, Phytophthora Blight, Anthracnose, White Rot

1. 서론

우리나라는 지난 100년간 평균 기온이 겨울 1.9°C, 여름 0.3°C 상승하여 겨울이 짧아지고 여름이 길어지며 봄꽃 개화시기가 빨라진 것으로 보고 있으며, 이에 따라 농산물 재배적지의 변동, 병해충 피해 증가, 잡초 피해 증가, 생육기간 단축 및 조기 결실에 의한 농업생산성 저하 등의 현상이 발생하고 있다(김과 이, 2009; 신, 2011; 정 등, 2009). 농업은 지역특성이 뚜렷하며, 기후는 지역의 물리적 특성을 대표하는 요소 중 하나로 기후변화는 농업생태계 및 재배지대에 영향을 미치는데(윤, 1998), 기후조건에 따라 작물 재배 가능지역은 위도상으로 81 km가 북상하고, 고도 상으로는 154 m가 높아진다(우, 2012).

우리나라의 대표적 양념채소인 고추의 재배면적은 1981년 151,037 ha를 정점으로 지속적으로 감소하여 2010년대 평균 44,464 ha에 머무르고 있다(KOSIS, 2013). 고추의 작황 결정요인은 강우량, 병해충, 일조량, 기온, 품종의 순으로 상위

5개 요인중 기상요인이 3개를 차지하고 있다(이와 이, 1995). 고추는 생육적온이 26~36°C인 고온성 여름작물로, 일평균기온이 12°C 이상인 날을 기준으로 적산온도가 1,100~1,300°C에 도달시 수확을 시작하는데, 기온 상승에 따라 파종기는 매년 0.4일, 수확기는 매년 0.54일씩 빨라지고 있으며, 정식기도 매년 0.03일씩 빨라지고 있다(조, 2008).

마늘은 1987년 49,198 ha로 재배면적이 최대에 이른 이후 2000년대 후반 평균 26,547 ha까지 줄었으나, 최근 증가 추세에 있어 2010년대에는 평균 27,222 ha의 재배면적을 가지고 있다(KOSIS, 2013). 마늘의 재배적지는 온대 남부에서 아열대 북부까지로 우리나라에서는 겨울 동안 온난하고 건조하지 않은 지대로서 봄이 긴 지방에서 재배가 잘 되는 작물이다. 우리나라의 남부지역에서 재배되고 있는 마늘의 품종은 난지형이고, 내륙 및 중부지방에서 주로 재배되는 품종은 한지형인데(신, 2011), 단위농가당 수확량을 결정하는 요인으로는 한지형과 난지형의 구분없이 강수

량과 기온 등 기상요인이 가장 크게 영향을 끼친다(이와 이, 1995).

양파는 마늘과 함께 월동작물이나, 주산지가 마늘보다는 제한적으로 주산지 집중율이 높은 특징을 가지고 있다(이와 이, 1995). 양파는 1970년대 후반 이후 2010년대 평균 21,323 ha까지 재배면적이 지속적으로 증가하였는데, 경상남도과 경상북도를 제외한 모든 지역에서 재배면적이 증가하고 있고, 이중 전라남도는 2003년 이후 전국 양파 재배면적의 50% 이상을 차지하고 있다(KOSIS, 2013). 양파는 생육적온이 20~25℃인 온대지방이 재배적지인 작물로, 마늘에 비하여 생육온도 하한선이 다소 높은 특징을 가지고 있다. 양파재배에 있어서는 고온다습에 의한 습해에 주의하여야 하며, 특히 겨울철 고온은 화아분화를 유도시키기 때문에 불리한 조건이라 할 수 있다. 이와 이(1995)는 양파의 작황에 미치는 요인으로 기상조건인 강우량과 기온의 영향이 가장 크다고 하였다.

고추의 대표적 주요 병해인 역병(Phytophthora blight)과 탄저병(Anthracnose)을 포함한 곰팡이병은 꾸준히 많은 피해를 주고 있으며, 바이러스병도 1990년대 후반부터 발생이 증가하여 최근까지도 피해가 많다. 고추 역병은 온도 상승이 심각해지는 지역에서 급증하며, 고추 탄저병은 강우량이 증가되는 지역에 발병이 집중된다(윤, 2010). 고추 바이러스병 가운데 최근 들어 문제가 되는 Cucumber mosaic virus(CMV)와 Broad bean wilt virus 2(BBWW2)는 강수량 부족으로 증가되는 진딧물에 의해 전염되는 충매전염성 바이러스이다(조 등, 2007).

백합과 채소인 마늘과 양파에는 약 20여 종류의 병해가 발생하는데, 그 중 최근에 피해가 심한 것은 토양전염성 병해인 흑색썩음균핵병(white rot)이다(조와 김, 1996). 흑색썩음균핵병은 토양습도에 따라 발병 정도에 큰 영향을 나타내는데(김 등, 2005), 늦가을부터 겨울에 걸쳐 비나

눈이 많이 오고 온난한 해에 발생이 심한 병해로 알려져 있다(Kim & Kim, 2002).

본 연구에서는 우리나라의 기상요인의 변화에 따른 주요 양념채소인 고추, 마늘, 양파의 재배지역과 주요 병해의 발생 변화를 비교 분석하였다. 이 연구의 범위는 지역별 평균기온과 강수량의 변화에 의한 분석을 중심으로 하였으며, 기타 변동요인(토양 및 재배적 요인, 물가, 대체작물 등)에 대한 관계는 고려하지 않았다.

2. 연구방법

조사지역은 기상청 기상자료가 수집되는 지역을 도별로 한 곳씩 임의로 선정하여 각 도의 대표치로 하였으며, 각 도의 평균치로 전국적인 변화를 계산하였다. 임의 선정한 9개 지역은 경기도 수원시, 강원도 춘천시, 충청북도 청주시, 충청남도 서산시, 전라북도 전주시, 전라남도 광주직할시, 경상북도 포항시, 경상남도 진주시 그리고 제주도 제주시이다.

기상청의 지상관측자료에서 전국 94개 지점 가운데 1970년부터 기온과 강수량이 빠짐없이 기록된 지점 중 각 도별로 1개 지점씩 임의 선정하여 총 9개 지점의 관측자료를 수집하였다. 김과 이(2009)의 보고에 따르면 계측지점과 가까이 위치한 관측소의 20년 평균 기온을 비교한 결과, 대체로 비슷한 결과를 도출되었다고 하였는데, 이에 따라 임의 선정한 9개 지점의 평균기온이 각 도의 평균기온을 대표할 수 있을 것으로 판단하였다. 기온은 연도별 월평균기온을 수집하였으며, 이를 10년 단위로 평균 기온을 계산하였다. 강수량은 연도별 월 총강수량을 수집하여 10년 단위로 평균 강수량을 계산하였다.

주요 양념채소인 고추, 마늘 그리고 양파의 작물별 재배면적은 1976년부터 매 5년 단위로 평균 재배면적으로 계산하였다. 전국 7개 특별시와 광역시의 자료는 조사개시 년도가 각기 다르고 재배면적이 극히 적어, 각 특별시와 광역시가 위치

한 도의 재배면적으로 합산하여 계산하였다.

수집한 기상요인과 연관성을 분석하기 위해 고 추는 주된 병해인 역병(*Phytophthora blight*)과 탄저병(*Anthraco nose*), 그리고 근래에 피해가 증가되고 있는 바이러스병인 Cucumber mosaic virus (CMV)와 Broad bean wilt virus 2(BBWV2)으로 한정하였으며, 마늘과 양파는 최근 가장 큰 병해인 흑색썩음균핵병(white rot)으로 한정하였다. 분석 대상 병해의 전국적 또는 지역별 발병을 자료는 1999년부터 2005년까지의 보고된 자료를 이용하여 기상요인과의 회귀분석을 통해 상관성을 분석하였다.

3. 결과

3.1 우리나라의 지역별 기상요인 변화

우리나라 9개 지역의 연간 평균 기온과 평균 강수량의 변화를 보면(Fig. 1), 1970년대 평균기온은 12.6°C이었으나, 2000년대 평균기온은 13.4°C로 과거 40여 년간 평균 0.8°C가 상승하였고, 강수량은 1970년대 연평균 1,273.2 mm이었으나, 2000년대에는 연평균 1,363.1 mm로 평균 89.9 mm가 증가하였다. 계절별 기온의 변화를 보면, 봄(3~5월)은 평균 1.12°C, 여름(6~8월)은 평균 0.42°C, 가을(9~11월)은 평균 1.04°C 그리고 겨울(12~2월)은 평균 0.81°C가 높아져 봄 > 가을 > 겨울 > 여름의 순서로 계절별 평균기온이 상승하였다. 특히 봄, 여름, 가을철 평균기온의 연대별 표준편차(standard deviation)는 1970년대 6.552, 1980년대 6.383, 1990년대 6.363 그리고 2000년대 6.170으로 점점 줄어들어 계절에 따른 기온차이가 줄어들고 있음을 알 수 있다. 계절별 강수량은 여름(6~8월)이 1970년대보다 평균 42.5 mm로 크게 증가하였으며, 가을(9~11월)은 평균 1.4 mm가 많아졌다. 이에 반해 봄(3~5월)은 평균 10.2 mm, 겨울(12~2월)은 평균 3.7 mm가 감소되었다.

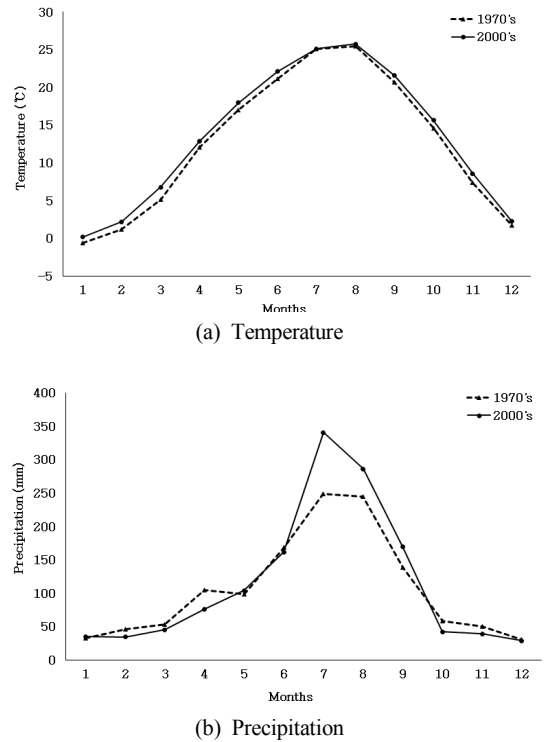


Fig. 1. Comparison of monthly temperature(°C) and precipitation(mm) between 1970's and 2000's in Korea.

지역별 기상요인의 변화 정도를 보면(Table 1), 1970년대 대비 2000년대의 평균기온은 충청남도 청주가 평균 1.5°C로 가장 많이 상승하였고, 강수량은 강원도 춘천이 평균 136.4 mm가 많아져 상승폭이 가장 컸다. 중부지방(경기도 수원, 강원도 춘천, 충청남도 서산, 충청북도 청주)은 평균기온이 0.85°C, 강수량은 91.4 mm 상승하였으며, 남부지방(전라남도 광주, 전라북도 전주, 경상남도 진주, 경상북도 포항, 제주도 제주)은 평균기온이 0.78°C, 강수량은 83.7 mm 상승하여, 남부지방보다는 중부지방의 기상요인의 변화 정도가 더 크게 발생하였다.

3.2 기상요인 변화에 따른 양념채소의 재배 면적 변화

Table 1. Changes of temperature and precipitation by decades on 9 regions in Korea

Region	1970's		1980's		1990's		2000's	
	Temp. (°C)	Preci. (mm)	Temp. (°C)	Preci. (mm)	Temp. (°C)	Preci. (mm)	Temp. (°C)	Preci. (mm)
Suwon	11.1	1,263.4	11.1	1,184.3	12.3	1,388.5	12.4	1,335.9
Chuncheon	10.7	1,260.1	10.6	1,210.1	11.1	1,381.0	11.4	1,396.5
Cheongju	11.5	1,173.5	11.6	1,233.1	12.6	1,261.3	13.0	1,246.6
Seosan	11.7	1,166.6	11.5	1,220.2	12.0	1,319.6	11.6	1,250.2
Jeonju	12.9	1,220.5	12.6	1,329.4	13.4	1,274.8	13.7	1,331.8
Gwangju	13.2	1,368.0	13.2	1,406.0	13.9	1,309.6	14.1	1,476.2
Pohang	13.4	1,142.8	13.5	1,085.8	14.4	1,129.2	14.5	1,227.8
Jinju	13.3	1,494.3	12.7	1,544.9	13.2	1,455.3	13.6	1,529.0
Jeju	15.3	1,370.1	15.2	1,507.0	16.0	1,505.1	16.1	1,476.8

(source : Korea Meteorological Administration)

주요 양념채소의 2006년부터 2013년까지 8개년 평균 재배면적의 지역별 순위는 Table 2와 같다. 고추는 국내 재배면적이 47,449 ha이었으며, 이중 경상북도가 9,960 ha로 전체의 21%를 차지하였는데, 특히 안동은 2,048 ha로 전국 최대 고추 재배면적을 가지고 있다. 마늘의 전국 재배면적은 26,800 ha인데, 이중 전남이 7,887 ha로

29.4%, 제주가 7,022 ha로 26.2%를 차지하고 있으며, 전라남도의 고흥과 신안이 각각 2,456 ha와 2,374 ha로 그 뒤를 차지하고 있다. 양파는 19,133 ha의 재배면적을 가지고 있는데, 전라남도가 8,724 ha로 전국 대비 45.6%이며, 이중 전라남도 무안은 3,715 ha로 국내 최대 양파 재배 지역이다.

Table 2. Ranking of cultivation areas in average of 8 years from 2006 to 2013 for hot pepper, garlic and onion in Korea

Rank	Hot pepper		Garlic		Onion	
	Region	Cultivation area (ha)	Region	Cultivation area (ha)	Region	Cultivation area (ha)
	Total	47,449	Total	26,800	Total	19,133
1	Andong	2,048	Goheung	2,456	Muan	3,715
2	Yeongyang	1,566	Sinan	2,374	Sinan	1,821
3	Bonghwa	1,400	Changnyeong	1,985	Hampyeong	1,380
4	Uiseong	1,195	Seogwipo	1,801	Changnyeong	1,276
5	Goesan	1,002	Haenam	1,695	Haenam	1,129

(source : Korean Statistical Information Service)

Table 3. Change of cultivation area for hot pepper in each regions in Korea (ha, %)

Region	1976~ 1980	1981~ 1985	1986~ 1990	1991~ 1995	1996~ 2000	2001~ 2005	2006~ 2010	2011~ 2013
Total	103,750 (100)	120,912 (100)	90,072 (100)	81,932 (100)	76,838 (100)	64,707 (100)	49,240 (100)	44,464 (100)
Gyeonggi	12,473 (12.0)	12,945 (10.7)	8,380 (9.3)	6,726 (8.2)	6,740 (8.8)	5,634 (8.7)	4,291 (8.7)	3,897 (8.8)
Gangwon	6,230 (6.0)	9,832 (8.1)	8,250 (9.2)	6,442 (7.9)	5,280 (6.9)	4,212 (6.5)	3,306 (6.7)	3,024 (6.8)
Chungcheongbuk	22,374 (21.6)	25,292 (20.9)	13,233 (14.7)	12,775 (15.6)	11,318 (14.7)	9,671 (14.9)	6,060 (12.3)	4,515 (10.2)
Chungcheongnam	10,828 (10.4)	11,487 (9.5)	8,392 (9.3)	7,955 (9.7)	7,877 (10.3)	7,076 (10.9)	5,318 (10.8)	4,696 (10.6)
Jeollabuk	14,333 (13.8)	15,281 (12.6)	10,378 (11.5)	10,382 (12.7)	10,317 (13.4)	8,012 (12.4)	6,074 (12.3)	5,623 (12.6)
Jeollanam	7,449 (7.2)	9,917 (8.2)	10,288 (11.4)	11,250 (13.7)	11,367 (14.8)	10,023 (15.5)	8,454 (17.2)	8,236 (18.5)
Gyeongsangbuk	22,932 (22.1)	28,748 (23.8)	25,984 (28.8)	22,289 (27.2)	20,211 (26.3)	16,966 (26.2)	13,172 (26.7)	11,373 (25.6)
Gyeongsangnam	7,076 (6.8)	7,188 (5.9)	5,050 (5.6)	4,066 (5.0)	3,698 (4.8)	3,082 (4.8)	2,533 (5.1)	3,033 (6.8)
Jeju	56 (0.05)	223 (0.18)	117 (0.13)	45 (0.05)	30 (0.04)	30 (0.05)	33 (0.07)	68 (0.15)

(source : Korean Statistical Information Service)

3.2.1 고추의 재배면적 변화와 기상요인

고추는 1981년 국내 총 재배면적이 151,037 ha로 정점에 도달한 이후 지속적으로 감소하여 2010년대에 들어와서는 평균 44,464 ha에 머물고 있다(Table 3). 각 도별 재배면적의 비율 변화를 보면, 충청북도는 1970년대 후반 전국 대비 평균 21.6%였으나, 2010년대에는 평균 10.2%로 재배면적이 크게 줄었고, 전라남도는 같은 기간 동안 7.2%에서 18.5%로 크게 증가하였다.

고추의 생육기인 7~8월의 기온 및 강수량과 재배면적 사이의 관련성을 분석한 결과(Table 4), 1970년부터 2012년까지 기상요인과 재배면적 간에는 연간 단위로는 일정한 경향을 보이지는 않았으나, 5년 단위로는 일정한 경향을 보였는데, 5

년 단위의 기온과 강수량의 증감은 이후 5년 동안의 재배면적의 증감을 초래하였다. 1975~1979년의 7~8월 평균 강수량은 직전 5개년 대비 48.2 mm가 줄었고, 기온은 평균 0.2℃ 상승하였는데, 이에 따라 1980~1984년의 고추 재배면적은 평균 4,197.1 ha가 늘었다. 이와 같은 경향은 그 이후로도 계속 반복되어 기온이 하락하고 강수량이 증가하면 재배면적이 줄어들고, 기온이 상승하고 강수량이 감소하면 재배면적이 늘어났다.

3.2.2 마늘과 양파의 재배면적 변화와 기상요인

마늘은 1987년 49,198 ha로 재배면적이 최대

Table 4. Influence of the meteorological factors to change of cultivation area for hot pepper in Korea

Periods	Climate factors		Cultivation area (ha)
	Temperature (°C)	Precipitation (mm)	
1970~1974	25.2	270.5	
1975~1979	25.4 (+0.2)	222.3 (-48.2)	14,406.2
1980~1984	24.9 (-0.5)	270.0 (+47.7)	18,603.3 (+4,197.1)
1985~1989	25.0 (+0.1)	289.2 (+19.2)	15,220.5 (-3,382.8)
1990~1994	25.5 (+0.5)	241.3 (-47.9)	12,040.1 (-3,180.4)
1995~1999	25.6 (+0.1)	302.3 (+61.0)	12,528.5 (+488.4)
2000~2004	25.4 (-0.2)	323.3 (+21.0)	10,632.6 (-1,895.9)
2005~2009	25.4 (0)	303.6 (-19.7)	8,273.2 (-2,359.4)

Table 5. Change of cultivation area for garlic in each regions in Korea (ha, %)

Region	1976~1980	1981~1985	1986~1990	1991~1995	19996~2000	2001~2005	2006~2010	2011~2013
Total	27,326 (100)	33,309 (100)	43,381 (100)	40,698 (100)	40,606 (100)	33,083 (100)	26,547 (100)	27,222 (100)
Gyeonggi	807 (3.0)	984 (3.0)	1,572 (3.6)	1,520 (3.7)	1,269 (3.1)	882 (2.7)	640 (2.4)	814 (3.0)
Gangwon	1,297 (4.7)	1,279 (3.8)	1,284 (3.0)	832 (2.0)	595 (1.5)	416 (1.3)	353 (1.3)	428 (1.6)
Chungcheongbuk	3,300 (12.1)	3,066 (9.2)	2,541 (5.9)	1,667 (4.1)	1,114 (2.7)	683 (2.1)	631 (2.4)	735 (2.7)
Chungcheongnam	6,483 (23.7)	7,848 (23.6)	7,788 (18.0)	5,547 (13.6)	3,921 (9.7)	2,824 (8.5)	2,330 (8.8)	2,712 (10.0)
Jeollabuk	1,163 (4.3)	1,459 (4.4)	1,420 (3.3)	936 (2.3)	871 (2.1)	650 (2.0)	636 (2.4)	710 (2.6)
Jeollanam	5,493 (20.1)	7,693 (23.1)	12,809 (29.5)	16,016 (39.4)	19,282 (47.5)	13,794 (41.7)	9,780 (36.8)	8,553 (31.4)
Gyeongsangbuk	5,100 (18.7)	6,177 (18.5)	8,529 (19.7)	6,205 (15.2)	5,090 (12.5)	4,262 (12.9)	3,646 (13.7)	4,370 (16.1)
Gyeongsangnam	3,171 (11.6)	3,580 (10.7)	5,052 (11.6)	6,582 (16.2)	6,029 (14.8)	5,622 (17.0)	5,051 (19.0)	5,828 (21.4)
Jeju	512 (1.9)	1,224 (3.7)	2,387 (5.5)	1,392 (3.4)	2,435 (6.0)	3,951 (11.9)	3,481 (13.1)	3,072 (11.3)

(source : Korean Statistical Information Service)

에 이른 이후 2000년대 후반 평균 26,547 ha까지 줄었으나, 최근 증가 추세에 있어 2010년대에는 평균 27,222 ha의 재배면적을 가지고 있다(Table 5). 지역별 재배면적의 변화 추세를 보면, 제주도와 경상남도 그리고 전라남도가 1975년대 후반 대비 2010년대에 들어 재배면적 비율이 증가하였으며, 나머지 지역은 전부 감소하였다. 2010년대에 들어 전라남도, 경상남도 및 제주도의 전국 대비 재배면적 비율이 각각 11.3%, 9.8% 그리고 9.4%씩 증가하여 이들 3개 지역이 전국 대비 64.1%에 달하고 있는데, 이는 1970년대 이들 3개 지역의 비율이 33.6%이었는데 비해 크게 증가한 것을 알 수 있다. 양파는 1970년대 후반 이후,

2010년대 평균 21,323 ha까지 재배면적이 지속적으로 증가하였는데, 경상남도과 경상북도를 제외한 모든 지역에서 재배면적이 증가하고 있고, 이중 전라남도는 2003년 이후 전국 양파 재배면적의 50% 이상을 차지하고 있다(Table 6).

양파의 전국 최대생산지인 전남과 경남에서의 기상요인(1975년부터 2012년까지 11~12월의 평균기온과 5월의 강수량)과 재배면적 간의 관계를 비교한 결과, 전라남도는 11~12월의 평균기온이 기온이 0.1℃ 상승에 따라 16.8 ha가 증가하는 정의 상관($R^2=0.0049$), 강수량은 10 mm 증가에 따라 88.9 ha가 증가하는 정의 상관($R^2=0.0267$)을 보였다. 그러나 경상남도는 창녕지역의 집중

Table 6. Change of cultivation area for onion in each regions in Korea (ha, %)

Region	1976~ 1980	1981~ 1985	1986~ 1990	1991~ 1995	19996~ 2000	2001~ 2005	2006~ 2010	2011~ 2013
Total	8,384 (100)	10,962 (100)	10,132 (100)	11,912 (100)	13,989 (100)	15,792 (100)	17,817 (100)	21,323 (100)
Gyeonggi	4 (0.04)	1 (0.01)	-	6 (0.05)	38 (0.27)	52 (0.33)	58 (0.33)	136 (0.64)
Gangwon	26 (0.31)	36 (0.33)	31 (0.31)	3 (0.03)	215 (1.5)	106 (0.67)	29 (0.16)	27 (0.13)
Chungcheongbuk	6 (0.07)	2 (0.01)	-	-	16 (0.12)	51 (0.32)	62 (0.35)	91 (0.43)
Chungcheongnam	188 (2.2)	182 (1.7)	141 (1.4)	220 (1.9)	216 (1.5)	246 (1.6)	305 (1.7)	513 (2.4)
Jeollabuk	240 (2.9)	285 (2.6)	196 (1.9)	312 (2.6)	363 (2.6)	517 (3.3)	906 (5.1)	1,353 (6.3)
Jeollanam	3,970 (47.3)	5,323 (48.6)	4,313 (42.6)	5,508 (46.2)	6,653 (47.6)	8,235 (52.1)	9,722 (54.6)	11,119 (52.1)
Gyeongsangbuk	1,310 (15.6)	2,254 (20.6)	2,550 (25.2)	2,468 (20.7)	2,777 (19.9)	2,778 (17.6)	2,443 (13.7)	2,496 (11.7)
Gyeongsangnam	2,396 (28.6)	2,120 (19.3)	2,372 (23.4)	2,836 (23.8)	2,824 (20.2)	2,894 (18.3)	3,241 (18.2)	4,708 (22.1)
Jeju	245 (2.9)	759 (6.9)	528 (5.2)	558 (4.7)	886 (6.3)	913 (5.8)	1,051 (5.9)	881 (4.1)

(source : Korean Statistical Information Service)

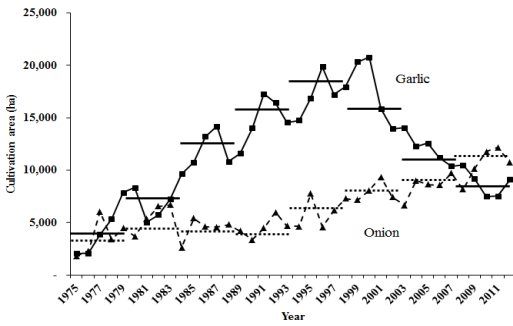


Fig. 2. Variation of cultivation area between garlic and onion from 1975 to 2012 in Korea.

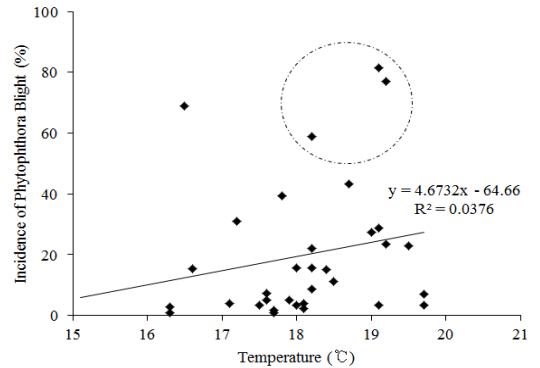
율이 매우 높아 강우량과 기온에 의한 재배면적의 차이는 매우 적었다.

마늘과 양파의 재배면적의 변화 추이를 비교해 보면(Fig. 2), 1975년부터 5년 단위로 두 작물의 재배면적은 상호 대체관계에 있는 것을 알 수 있다. 마늘의 재배면적이 증가하면 양파의 재배면적은 감소하였고, 마늘 재배면적의 감소에 따라 양파 재배면적은 증가하는 경향을 일정하게 나타내었다. 2009년 이후로는 양파 재배면적이 마늘 재배면적을 넘어섰다.

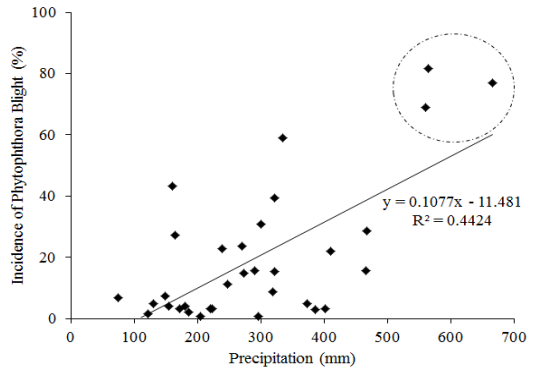
3.3 기상요인 변화에 따른 양념채소의 병해 발생

3.3.1 고추의 주요 병해와 기상요인의 관계

우리나라의 주요 고추 재배지역인 충청북도, 충청남도, 전라북도, 전라남도 그리고 경상북도 등 5개 지역에서 1999년부터 2005년까지 고추 역병의 발병율(김, 2001, 2002, 2003, 2004; 명 등, 2005, 2006)과 기상요인과의 관계를 분석한 결과(Fig. 3), 고추 정식기인 5월의 평균 기온이 18.3°C 이상이고, 7월의 평균 강수량이 532 mm 이상인 두 가지 조건을 만족했을 때 발병율이 50%를 넘었다. 5월의 평균 기온이 18.3°C 이상이고, 7월의 평균 강수량이 300 mm 이상인 경우의 발병율은 평균 25.8%이었으며, 5월의 평균



(a) Temperature in May

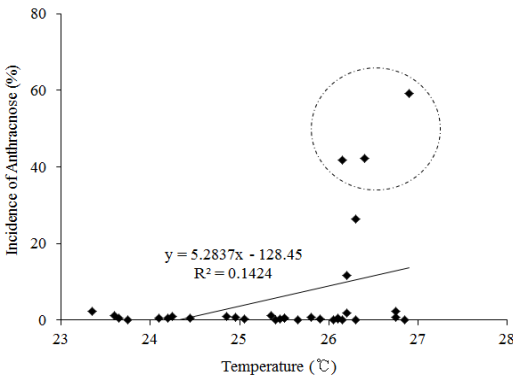


(b) Precipitation in July

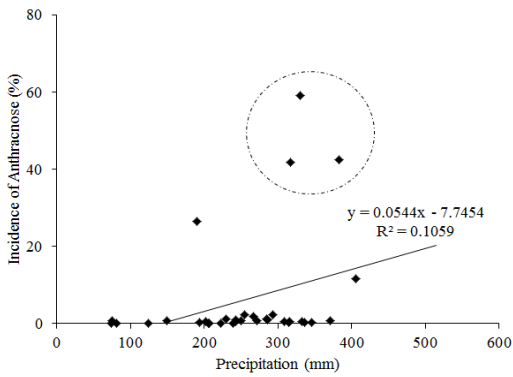
Fig. 3. Relationship between temperature and precipitation and incidence of phytophthora blight on hot pepper in 1999~2005 in Korea.

기온이 18.0°C 이상이고, 7월의 평균 강수량이 300 mm 이하인 경우의 발병율은 평균 4.7%이었다.

우리나라의 주요 고추 재배지역인 충청북도, 충청남도, 전라북도, 전라남도 그리고 경상북도 등 5개 지역에서 1999년부터 2005년까지 고추 탄저병의 발병율(김, 2001, 2002, 2003, 2004; 명 등, 2005, 2006)과 기상요인과의 관계를 분석한 결과(Fig. 4), 7~8월의 평균 기온이 26°C 이상이고, 8~9월의 평균 강수량이 300 mm 이상인 두 가지 조건을 만족했을 때 발병율이 40%를 넘었다.



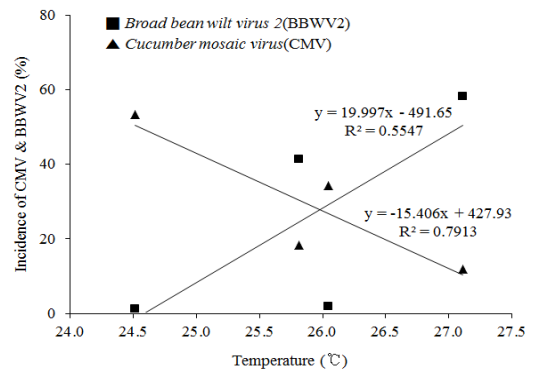
(a) Temperature in July to August



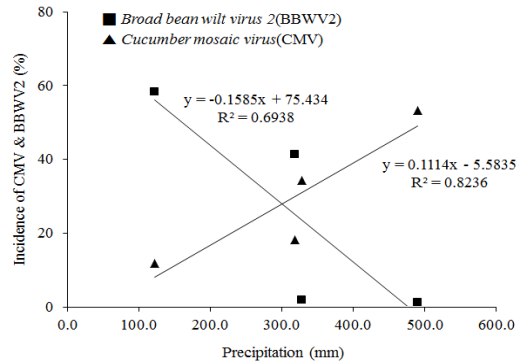
(b) Precipitation in August to September

Fig. 4. Relationship between temperature and precipitation and incidence of anthracnose on hot pepper in 1999~2005 in Korea.

고추 CMV와 BBWV2의 발생과 기온 및 강수량과의 관계는 8월의 기상요인과 깊은 관련을 가지고 있는데, 기상요인별 발병율은 서로 반비례하는 경향을 보였다(Fig. 5). 단독감염일 경우, CMV의 발병율은 8월의 평균기온이 낮을수록 평균강수량은 증가할수록 높은 반면, BBWV2는 반대로 8월 평균기온이 높을수록 평균강수량은 적을수록 발병율이 높았다. 그러나 두 병해의 복합감염(CMV+BBWV2)은 BBWV2 단독 발병율과 비례하게 증가하여 8월 평균기온이 높을수록 복합발병율이 높았다.



(a) Temperature



(b) Precipitation

Fig. 5. Difference of incidence of cucumber mosaic virus(CMV) and broad bean wilt virus 2 (BBWV2) relate to temperature and precipitation on August(2002~2006) on hot pepper in Korea.

3.3.2 마늘과 양파의 주요 병해와 기상요인의 관계

마늘과 양파의 주 재배지역인 전라남도, 경상남도, 제주도 등 3개 지역에서 1999년부터 2003년까지 흑색썩음균핵병(white rot)의 발병율(김, 2001, 2002, 2003, 2004; 명 등, 2005, 2006)과 기상요인과의 관계를 분석하였다.

마늘에서는 강수량보다는 기온이 더 높은 관계를 보였다. 구비대기인 4~5월의 평균기온이 15.0~15.9°C 사이에서 발병율이 가장 높았으며($R^2=$

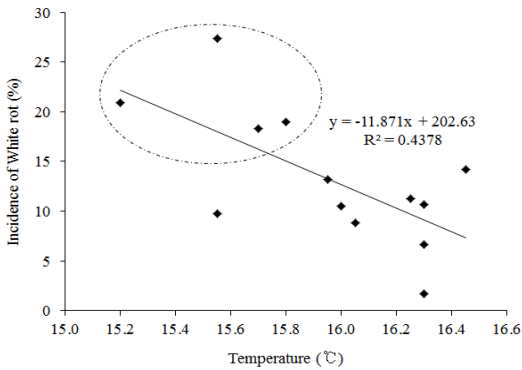


Fig. 6. Relationship between temperature in April to May and incidence of white rot on garlic in 1999~2003 in Korea.

0.4378)(Fig. 6), 특히 4월은 13.7°C, 5월은 17.9°C를 넘지 않았을 때 발병율이 높았다. 4~5월의 평균기온이 16.0°C 이상으로 상승하면 발병율은 감소하는 경향을 보였는데, 16.0°C 이하일 경우 평균 발병율은 17.6%, 16.0°C 이상일 경우는 평균 9.5%의 발병율을 보였다.

양파는 11~1월의 평균기온과 발병율 사이에 정의 상관($R^2=0.5944$)을 나타내었고(Fig. 7), 구비대기가 시작되는 3월의 평균 강수량과 정의 상관($R^2=0.2993$)을 보였다. 11~1월의 평균기온이 4.0°C 이상에서 평균 발병율은 12.8%, 그 이

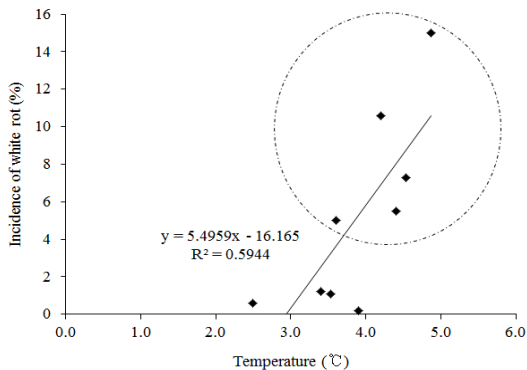


Fig. 7. Relationship between temperature in November to January and incidence of white rot on onion in 1999~2003 in Korea.

하에서는 3.0%의 발병율을 보였다. 또한, 3월 평균 강수량이 40 mm 이상일 경우 양파에서의 흑색썩음균핵병 발병율은 증가하는 경향을 보였다.

4. 토의

강수량이 많으면 세균과 곰팡이에 의한 병이 많고, 강수량이 적으면 곤충의 발생이 증가하여 충매전염성 병해 발생이 많다(서 등, 2011).

고추 역병(*Phytophthora blight*)은 바람과 관개수에 의해 널리 퍼져 충분한 습기가 있을 때 15~25°C의 온도에서 발아되어 발병하며(Kim 등, 1989), 고추 역병균(*Phytophthora capsici*)의 균사는 25°C까지는 생장이 빠르다가 30°C까지 서서히 증가한 후 감소한다(윤, 2010). 고추 탄저병(*Anthraco*)는 여름철 장마기에 분생포자가 주로 비바람에 의해 전파되어 강우와 밀접한 관계가 있어 여름철에 비가 자주 올 때 피해가 크며, 고추 탄저병원균(*Colletotrichum acutatum*)은 23°C가 균사의 생장에 가장 적합한 온도로 28°C까지 기온이 오를수록 생장이 증가하다가 감소된다(윤, 2010).

고추에 있어 1999년부터 2005년까지 기상요인과 주요 병해인 역병, 탄저병, CMV, 그리고 BBWV2의 발병율을 분석한 결과, 고추 정식기인 5월, 그리고 생육기인 7~8월의 평균 기온과 7~8월의 강수량에 큰 영향을 받는 것으로 조사되었다. 1970년부터 2012년까지의 기상자료를 이용하여 5월 평균 기온이 18°C를 넘고 7월 평균 강수량이 300 mm를 넘는 경우는 총 5차례였는데, 그 중 4차례가 2003년 이후에 발생하였다. 지난 40여년간 고추 주요 재배지역별 기온의 변화 추이를 감안하여 탄저병원균과 역병균의 생장이 28°C까지 지속적으로 증가시 주요 재배지역에서의 고추 재배 한계연도를 추정하였다(Table 7). 경상북도는 2070년대, 그리고 전라남도와 전라북도는 2060년대까지 탄저병과 역병의 발생이 극에 달하

Table 7. Relationship between temperature or precipitation and year to estimate of incidence for anthracnose and phytophthora blight on hot pepper in four regions in Korea

Regions	Temperature ^z		Precipitation ^y	
	R.a. ^x	C.d. ^w	R.a.	C.d.
Chungcheongnam	$Y=0.0065x+24.521$	0.0087	$Y=2.082x+172.66$	0.0402
Jeollabuk	$Y=0.0136x+25.704$	0.0284	$Y=1.626x+169.55$	0.059
Jeollanam	$Y=0.0157x+25.491$	0.0373	$Y=2.3391x+167.81$	0.1005
Gyeongsangbuk	$Y=0.0224x+24.736$	0.0405	$Y=1.418x+155.57$	0.0399

^z Temperature : average of July and August from 1975 to 2012.

^y Precipitation : average of August and September from 1975 to 2012.

^x Regression analysis.

^w Coefficient of determination(R^2).

여 더 이상 고추 재배가 어려울 것으로 추정되며, 충청남도도 2070년대에도 7~8월의 평균기온이 25.2℃로 추정되어 고추 주 재배지가 중부지방 이상으로 이동될 것으로 예상된다.

마늘의 구비대기인 4~5월의 평균기온이 15.0~15.9℃일 때 흑색썩음균핵병의 발병율이 17.6%에 달하였으나, 기온이 그 이상 올라 16.5℃에 이르러서도 발병율은 10%대에 달하였다. 1970년부터 현재까지의 4~5월 평균기온의 변화 추이를 보았을 때, 현재 마늘의 주산지인 전라남도과 경상남도에서 흑색썩음균핵병의 피해는 줄어들지 않을 것으로 추정된다. 그러나 4~5월 평균기온의 변화에 따른 주산지 이동은 당분간 일어나지 않을 것으로 추정된다. 한지형 마늘의 주산지인 충청남도과 경상북도에서도 2003년 흑색썩음균핵병이 각각 8.4%와 7.8%로 조사되었으며, 경기도를 비롯한 중부지방에서의 4~5월 평균기온의 상승폭이 남부지방보다 더 크게 발생하고 있기 때문이다.

양파는 생육적온이 20~25℃인 온대지방이 재배적지인 작물로 마늘에 비하여 생육온도 하한선이 다소 높은 특징을 가지고 있으며, 양파의 작황에 미치는 요인으로 기상조건인 강우량과 기온의 영향이 가장 크다(이와 이, 1995). 양파에서의

흑색썩음균핵병과 기상요인과의 관계를 분석한 결과, 11~1월의 평균기온이 4.0℃ 이상이고, 3월 평균 강수량이 40 mm 이상일 경우, 흑색썩음균핵병 발병율이 증가하는 경향을 보였다. 흑색썩음균핵병이 우리나라에서 처음 보고된 1988년 이후 25년간, 이 두 가지 조건을 갖춘 경우는 전라남도도 13회로 1990년대에 이미 흑색썩음균핵병 발병을 위한 기온과 강수량 조건에 도달하였으나, 경상남도도 4회에 불과하다. 이에 반해 중부지역(경기도, 강원도, 충청북도, 충청남도)에서는 11~1월의 평균기온이 4.0℃ 이상, 3월 평균 강수량이 40 mm 이상의 두 가지 조건을 만족했던 해는 한번도 없었다. 양파는 마늘에 비해 내한성이 약하여 중부이북 지역에서는 거의 재배가 이루어지지 않았으나, 기상요인의 변화에 따라 경기도, 강원도, 충청북도 지역에서의 전국 대비 재배면적은 1970년대 0.42%에서 2010년대 1.2%로 증가하고 있다. 따라서 양파에서 피해가 많이 발생하고 있는 흑색썩음균핵병의 발생이 적은 중부지방으로의 재배지 이동을 추정할 수 있다.

사사

본 논문은 농촌진흥청 연구사업(과제번호: PJ-00987002)의 지원에 의해 이루어진 것입니다.

참고문헌

- 김용기, 권미경, 심홍식, 김택수, 예완해, 조원대, 최인후, 이성찬, 고숙주, 이용환, 이찬종, 2005, 온도와 토양습도가 마늘 흑색썩음균핵병 발생에 미치는 영향, *Res. Plant Dis.*, **11(2)**, 128-134.
- 김창길, 이상민, 2009, 기후변화가 농업부문에 미치는 경제적 영향 분석, *농업경제연구*, 50권 2호, 1-25.
- 김충희, 2001, 2000년 농작물 병해발생 개황, *The Korean Journal of Pesticide Science*, **5(1)**, 1-11.
- 김충희, 2002, 2001년 농작물 병해발생 개황, *Res. Plant Dis.*, **8(1)**, 1-10.
- 김충희, 2003, 2002년 농작물 병해발생 개황, *Res. Plant Dis.*, **9(1)**, 10-17.
- 김충희, 2004, 2003년 농작물 병해발생 개황, *Res. Plant Dis.*, **10(1)**, 1-7.
- 명인식, 박경석, 홍성기, 박진우, 심홍식, 이영기, 이상엽, 이승돈, 이수현, 최홍수, 최효원, 허성기, 신동범, 나동수, 예완해, 조원대, 2005, 2004년 농작물 병해발생 개황, *Res. Plant Dis.*, **11(2)**, 89-92.
- 명인식, 홍성기, 이영기, 최효원, 심홍식, 박진우, 박경석, 이상엽, 이승돈, 이수현, 최홍수, 김용기, 신동범, 나동수, 예완해, 한성숙, 조원대, 2006, 2005년 주요 농작물 병해발생 개황, *Res. Plant Dis.*, **12(3)**, 153-157.
- 서지애, 이영근, 김병수, 황재문, 최석원, 2011, 2007-2008년도 경북 북부지역 고추산지의 병해 발생 상황, *Res. Plant Dis.*, **17(2)**, 205-210.
- 신세균, 2011, 기후변화와 마늘산업 대응 방안, 마늘연구회지, 30권, 1-17.
- 우장명, 2012, 기후변화가 농업에 미치는 영향과 적응방안, *충북 Issue& Trend*, 7권, 105-117.
- 윤성철, 2010, 온도상승에 따른 병해충, 잡초 영향평가 및 적응대책 연구, 2009년도 국가농업 R&D 시험사업연구보고서, 국립농업과학원.
- 윤성호, 1998, 기후변화에 따른 농업생태계 변동과 대책, 한국작물학회 학술발표대회 논문집 pp. 313-335.
- 이중웅, 이영석, 1995, 주요 양념채소의 식부면적과 작황 결정요인 분석에 관한 연구, 한국농촌경제연구원.
- 정남수, 장동호, 이세희, 2009, 남해안 지역의 농업부문 기후변화 취약성 평가를 위한 발작물 지표종 선정에 대한 연구, *한국사진지리학회지*, 19권 4호, 81-93.
- 조리나, 2008, 기후변화가 농작물 생육시기에 미치는 영향, *기후변화*, 3권 2호, 96-106.
- 조원대, 김완규, 1996, 백합과 채소작물에서의 흑색썩음균핵병 발생, *Korean J. Plant Pathol.*, **12(2)**, 251-254.
- 조점덕, 김정수, 이신호, 최국선, 정봉남, 2007, 우리나라 고추 바이러스 종류, 병징 및 발생 실태, *Res. Plant Dis.*, **13(2)**, 75-81.
- Kim, C. H., and Y. K. Kim, 2002. Present status of soilborn disease incidence and scheme for its integrated management in Korea, *Res. Plant. Dis.*, **8**, 146-161.
- Kim, H. K., J. H. Park, and S. L. Choi, 1989. Influence of various *in vitro* conditions on growth of *Phytophthora capsici*, pathogen of pepper crown and root rot, *Korea J. Plant Pathol*, **5**, 230-238.
- KOSIS. 2013. 국가통계포털 <http://kosis.kr/>