

지형적 특성을 고려한 우리나라의 농업기후지대 구분

김용석 · 심교문[†] · 정명표 · 최인태 · 강기경

국립농업과학원

Classification of Agroclimatic Zones Considering the Topography Characteristics in South Korea

Kim, Yongseok, Shim, Kyo-Moon[†], Jung, Myung-Pyo, Choi, In-Tae and Kang, Kee-Kyung

National Institute of Agricultural Science

ABSTRACT

This study was conducted to classify agroclimatic zones in South Korea. To classify the agroclimatic zones, such climatic factors as amount of rainfall from April to May, amount of rainfall in October, monthly average air temperature in January, monthly average air temperature from April to May, monthly average air temperature from April to September, monthly average air temperature from December to March, monthly minimum air temperature in January, monthly minimum air temperature from April to May, Warmth Index were considered as major influencing factors on the crop growth. Climatic factors were computed from monthly air temperature and precipitation of climatological normal year (1981~2010) at 1 km grid cell estimated from a geospatial climate interpolation method. The agroclimatic zones using k-means cluster analysis method were classified into 6 zones.

Key words: Agroclimatic Zone, K-means, Climate Factor

1. 서 론

농업기후지대는 주요 작물의 생육시기에 따라 생육과 수량에 크게 영향을 미치는 기후요소의 분포를 중심으로 비슷한 특성을 가진 지역들을 묶어서 구분하게 되며, 이는 작물의 안전재배지 결정과 여러 기상재해에 따른 대책 수립 등에 활용되고 있다(Choi and Yun, 1989; Shim *et al.*, 2004).

그동안 우리나라의 기후지대를 구분한 연구들이 살펴보면 Park and Moon(1998)이 수행한 13개의 기후요소를 주성분분석 및 정보이론에 의한 엔트로피와 정보비 개념을 이용하여 기후요소별로 유형화 시킨 후, 군집분석 중 최장거리(Complete-linkage)법을 이용하여 기후지대를 구분한 연구가 있다. 또한 Park *et al.*(2009)은 기온 및 강수량의 경험적 직교함수분석을 통해서 산출된 주성분 점수를 입력변수로 하여 와드(Ward)법 등의 군집분석을 실시하여 기후지대를 구분하였다. 그리고 Lee *et al.*(2005)이 수행한 연구는 작물별 분포와 식생의 분포

등의 지표와 기온 등의 기후요소를 종합적인 분석을 통해 기후지대를 구분하였다. 그렇지만 이와 같은 연구들은 대부분이 지점별 기후자료를 사용하였기 때문에 해발고도의 차이에 의한 다양한 기후형태가 나타나는 것을 반영하기가 힘들다. 특히, 우리나라 기상관측지점의 약 87%가 300 m 이하에 분포하고 있고, 대도시 위주로 지리적인 편중도 심하여, 산악지대가 많기 때문에 발생하는 공간적 변위에 의한 다양한 기후특성들을 파악하기 힘들다(Hong *et al.*, 2007). 따라서 본 연구에서는 이런 문제를 해결하기 위하여 지형 및 지리적 특성인자를 고려한 전자기후도를 이용하여 전국의 모든 지점에 대한 기후 값이 반영된 기후지대 구분을 수행하였다.

2. 재료 및 방법

기후지대 구분을 위한 기후자료는 월별 평년기후도(1980~2010년)를 이용하였으며, 농촌진흥청 미래 상세 전자기후도

[†] Corresponding author: kmshim@korea.kr

Received November 22, 2016 / Revised December 2, 2016 / Accepted December 14, 2016

제공 시스템(www.agdcm.kr)을 통해 기온의 경우 30 m 격자 단위로, 강수량의 경우 270 m 격자단위로 제공을 받았다. 각 기후자료는 기후지대 구분의 영향을 최소화하면서도 계산 규모를 축소하기 위해 1 km의 격자 형태로 다시 제작하였으며, 기후 인자별로 단위의 크기에 의한 영향력을 없애기 위해 표준화($m=0$, $\sigma=1$)한 값을 적용하였다. 제공받은 전자기후도는 Yun(2010)이 제시한 소기후 모형을 이용하여 제작되었는데, 기온은 관측된 지점별 기후자료를 공간내삽기법인 IDW(Inverse Distance Weighting)을 이용해서 기본 기후도를 제작한 후 해안효과, 열섬효과, 온난대효과, 냉기집적효과와 고도효과 등 지형적인 요인들을 반영한 모형을 이용하여 보정하였다. 강수량의 경우는 해발고도, 경사향, 해안효과 등을 반영한 PRISM(Parameter-elevation Regressions on Independent Slopes Model)을 바탕으로 한 모형으로 제작하였다.

농업기후지대를 구분하기 위하여 작물의 생육에 중요한 대표적인 기후인자를 선택하였다(Fig. 1). 하작물에서 중요하다고 판단되는 기후인자로는 작물의 파종과 정식이 이루어져 초기 생육에 중요한 4~5월의 평균기온(Tavg45)과 강수량(Rain45), 그리고 작물의 전생육기간의 성장상태를 전반적으로 판단할 수 있는 4~9월 평균기온(Tavg49)을 선택하였다. 동작물에서는 월동기간 중 동해의 피해가 큰 1월 평균기온(Tavg1)과 최저기온(Tmin1)을 선택하였으며, 열매가 비대해지고 익어가는 시기이기 때문에 저온이 발생하였을 경우, 피해가 큰 4~5월의 최저기온(Tmin45), 그리고 파종부터 생육이 재생되는 시기인 10~3월 평균기온(Tavg103)과 파종과 관련하여 습해의 피해가 큰 10월 강수량(Rain10)을 선택하였다. 그리고 과수작물에서는 동해를 입기 쉬운 1월 최저기온(Tmin1)과 꽃봉오리가 맺고 꽃이 피는 시기인 4~5월 최저기온(Tmin35), 그리고 과수작물의 재배가능 지역을 판단할 때 많이 이용하는 온량지수(WI)를 선택하였다.

기후지대를 구분 방법은 일반적으로 군집분석(Cluster Analysis)에서 많이 사용되는 k-means를 사용하였다. k-means의 계산과정은 군집의 개수 k를 먼저 정하고, 각 관측값에서 k개의 중심점까지의 거리를 계산하여 중심점이 가장 가까운 군집에 각 관측값을 할당한다. 그런 후 각 군집의 중심을 그것에 속한 샘플의 평균으로 대체한다. 이러한 과정을 반복하다가 각 관측값에 대한 군집의 변화가 없다면 멈추게 된다(Koo et al., 2013; Oh, 2013). 기후지대의 개수 k를 결정하기 위하여 Fig. 2와 같이 기후지대 개수의 증가에 따른 총 분산 변화를 그래프로 나타냈으며, 총 분산의 감소폭이 급격히 작아지는 6개의 기후지대로 구분하여 적용하는 것이 가장 적절한 것으로 판단되었다.

3. 결 과

기후지대의 지역적 분포는 Fig. 3과 같다. zone 1은 서해안 남부지역, 동해안 남부지역과 남해안 인근의 내륙지역을 포함하며, 서울, 광주와 부산의 대부분 지역이 포함된다. zone 2는 경기도 일부 동부지역 제외한 지역, 충청남도 대부분 지역, 경상북도 서부지역과 전라도 일부지역이 포함된다. zone 3은 한라산을 제외한 제주도 대부분 지역, 남해안의 해안 및 도서지역과 울릉도 등이 포함된다. zone 4는 우리나라 중부내륙 대부분 지역을 포함되며, zone 5는 강원도의 태백산맥을 포함하는 고령 지역, 지리산과 한라산 고령 지역이 포함된다. zone 6은 동해안 북부의 해안 지역과 제주도 한라산의 준고령 지역이 포함된다.

기후지대별로 기후특성을 살펴보면, zone 1은 우리나라 기온이 평균보다 온화한 기후를 나타내며, zone 2는 우리나라의 기온과 강수량에서 평균적인 기후특징을 나타낸다. zone 3에 속한 지역은 1월의 평균기온이 0°C 이상으로 우리나라에서 가장 높은 기온을 나타내며, 봄철에 다른 지대에 비해 강수량이 풍부한 편에 속한다. zone 4와 zone 5에 속한 지역은 1월 평균기온이 0°C 이하이며, 대부분 지역이 1월 최저기온이 -10°C 이하이다. 특히, zone 5의 많은 지역이 10~3월의 평균기온이 0°C 이하이며, 6개의 기후지대 중 연중 기온이 가장 낮게 나타난다. zone 6은 동해의 영향으로 기온이 온화하며, 가을철에 다른 기후지대보다 상대적으로 강수량이 많다(Fig. 4와 Table 1).

작물별로 재배되고 있는 기후지대를 살펴보면 다음과 같았다. 벼의 조생종은 보통 중생종이나 중만생종 벼에 비해 생육기간이 짧아 일찍 수확하며, 대체로 기온이 낮은 산간 지방으로 zone 4, zone 5와 zone 6에 주로 재배된다. 조생종 벼의 분포 지역은 대체로 태백산맥과 소백산맥을 중심으로 하는 비교적 해발 고도가 높은 곳이다. 강원도에서는 춘천, 홍천, 횡성, 원주, 강릉, 제천, 진부, 춘천 등이며, 경기도는 연천과 포천 등이다. 태백산맥 남쪽의 경상북도 봉화, 영양과 청송 지역 및 소백산맥의 진안까지도 조생종 분포 지역에 포함된다(Lee and Lee, 2008; Lee et al., 2005). 중생종이나 중만생종은 그 외의 기후지대에 주로 재배된다. 보리재배와 관련해서는 겉보리의 한계는 최저기온이 -10°C이고, 평균기온이 -4°C이므로 zone 5와 zone 4 지대 중에 고산지역 일부를 제외하고는 대부분 지대에서 재배되며, 쌀보리의 경우 zone 5와 zone 4를 제외한 대부분 지대, 맥주보리는 zone 1과 zone 3지대에서 재배가 안전하게 이루어질 것으로 예상된다. 우리나라에서 재배되는 마늘은 크게 난지형과 한지형으로 구분된다. 난지형은 비교적 겨울이 따뜻한 남부 지역에 적응한 마늘이며, 한지형은 상대적으로

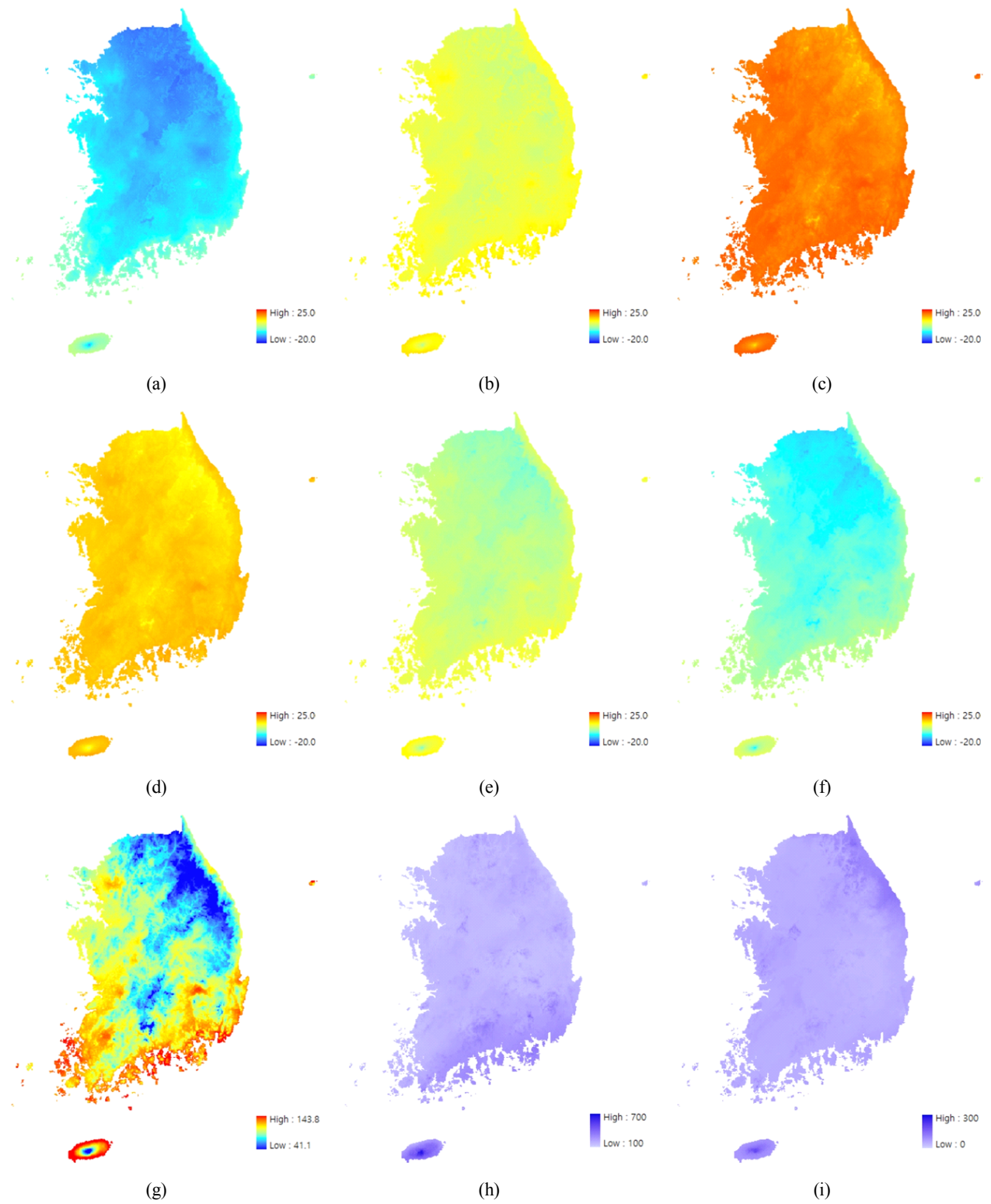


Fig. 1. Climatic factors for classification of agroclimatic zone. a: Tmin1, b: Tmin45, c: Tavg49, d: Tvg45, e: Tavg103, f: Tavg1, g: WI, h: Rain45, i: Rain10.

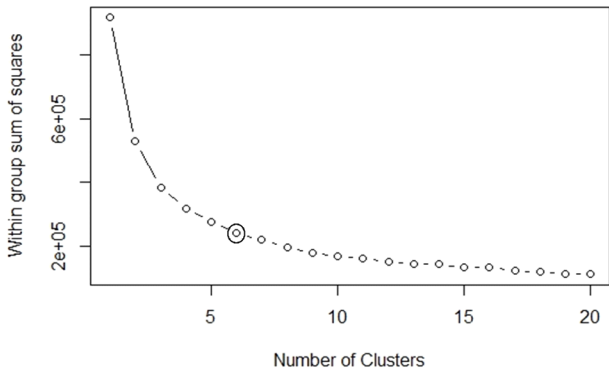


Fig. 2. Sum of variance according to number of cluters.

추운 중부 지방에 적응한 것이다. 난지형과 한지형 마늘의 분포 경계는 충청남도 서산, 홍성, 보령, 논산, 전라북도 임실, 경상남도 거창, 경상북도 성주, 영천, 영덕으로 이어진다(Lee *et al.*, 2005). 이 경계의 북쪽은 한지형 마늘 재배 지역이며, 남쪽

은 난지형 마늘 재배 지역이다. 난지형과 한지형 마늘의 분포 경계선은 중부 지역 중 충청 내륙과 전라 내륙 기후지역, 경북 내륙과 경남 내륙 기후지역을 구분하는데, zone 1과 zone 3은 대부분이 난지형 마늘 재배지역이며, zone 2, zone 4, zone 5와 zone 6 지역은 대부분이 한지형 마늘 재배지역이 된다. 국가 통계포털(kosis.kr)에 의하면 배가 많이 재배되는 지역이 경기도 평택, 남양주, 안성, 충청북도 영동, 충청남도 천안, 아산, 연기, 예산, 전라남도 나주, 영암, 경상북도 김천, 상주, 경상남도 진주이며, 주로 zone 1과 zone 2에 많이 재배되는 것으로 나타났다. Lee *et al.*(2005)에 의하면 난대성 작물인 감귤은 연평균 기온이 15℃ 이상인 지역에서 재배되며, 제주도 중 해발고도 200 m 이하인 지역에 주로 재배된다고 하였으므로 zone 3이 해당된다.

4. 결 론

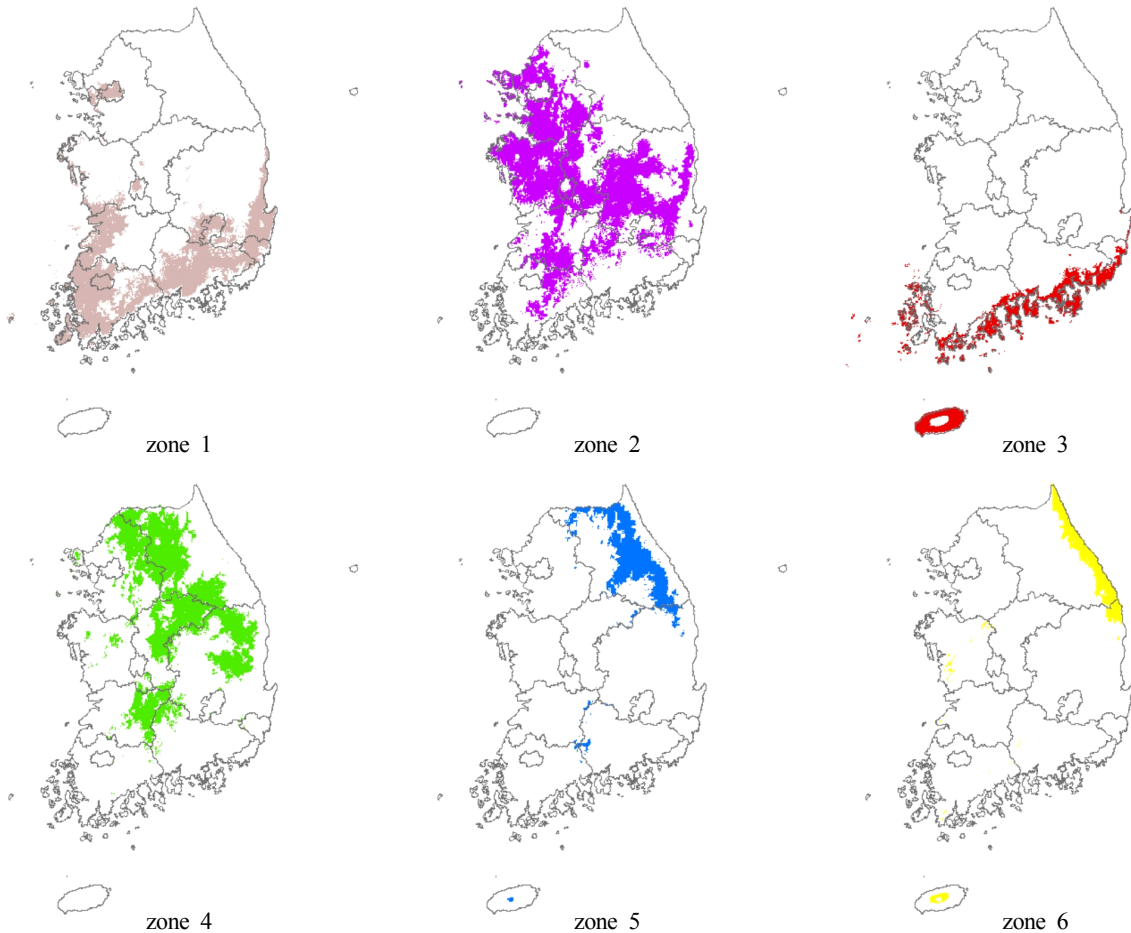


Fig. 3. Agroclimatic zones.

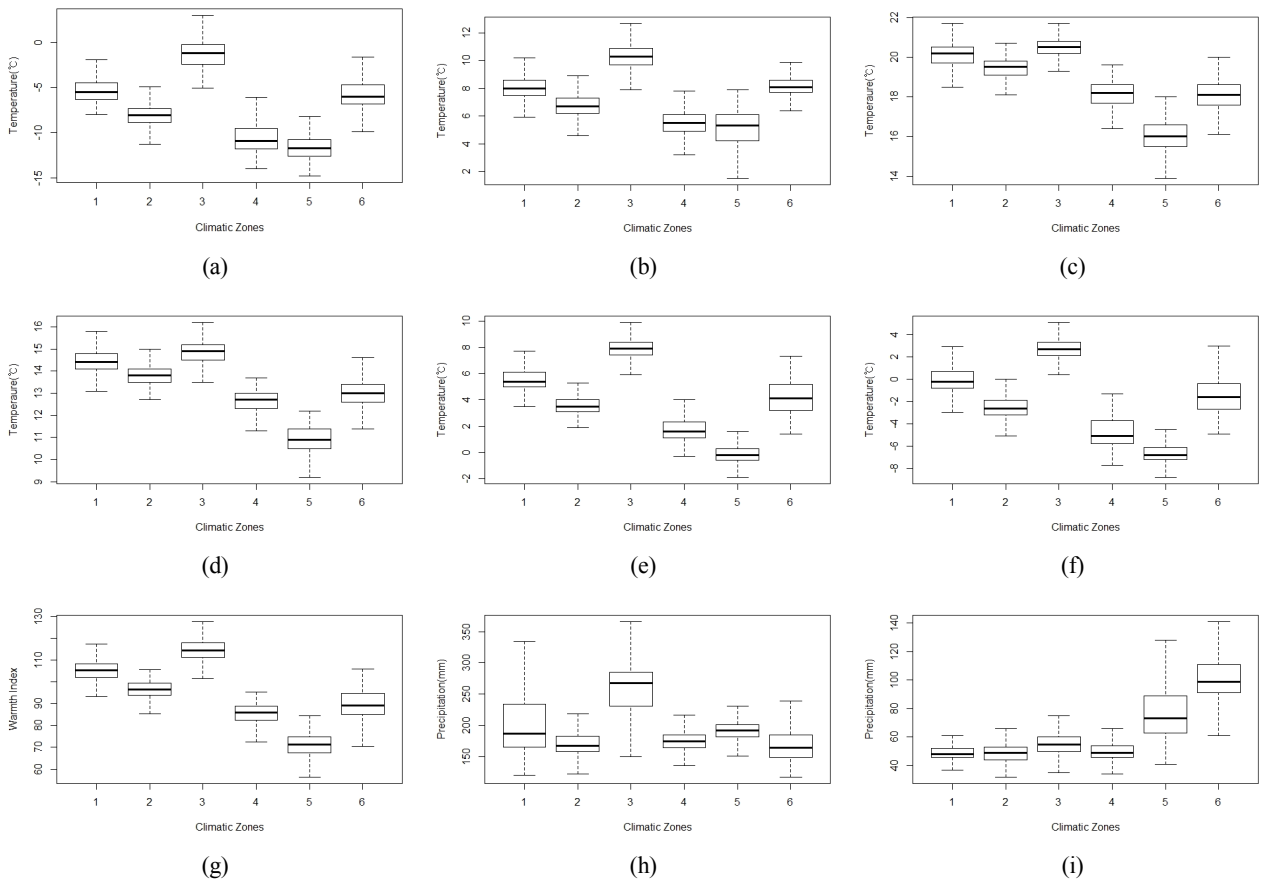


Fig. 4. Box plots for climatic factors by agroclimatic zone. a: Tmin1, b: Tmin45, c: Tavg49, d: Tvg45, e: Tavg103, f: Tavg1, g: WI, h: Rain45, i: Rain10.

Table 1. Average of climatic factors by agroclimatic zone

Zone \ Factor	a	b (°C)	c (°C)	d (°C)	e (°C)	f (°C)	g (°C)	h (mm)	i (mm)
zone 1	-5.3	8.1	20.1	14.4	5.5	-0.1	105.0	199.3	48.6
zone 2	-8.1	6.8	19.5	13.8	3.5	-2.6	96.4	173.6	48.7
zone 3	-1.1	10.3	20.5	14.9	8.0	2.9	114.6	263.6	60.3
zone 4	-10.7	5.6	18.2	12.6	1.7	-4.8	85.6	176.7	50.0
zone 5	-11.5	5.2	16.0	10.8	-0.1	-6.6	70.4	196.3	76.5
zone 6	-5.7	8.6	18.1	13.0	4.2	-1.5	89.6	183.7	100.7

a: Tmin1, b: Tmin45, c: Tavg49, d: Tvg45, e: Tavg103, f: Tavg1, g: WI, h: Rain45, i: Rain10.

본 연구는 작물의 생육에 영향을 미치는 기상요인을 이용하여 농업기후지대를 구분하였다. 그리고 우리나라의 복잡한 지형에 의해 나타나는 다양한 기후특성을 파악하기 위하여 지형적 특성을 반영한 소기후 모형을 이용하여 제작된 전자

기후도를 사용하였다. 농업기후지대는 강수량의 영향보다 기온의 영향에 의한 기후지대가 나누어지는 경향이 나타났으며, 6개의 기후지대로 나뉘었다. 우리나라의 평균적인 기후를 나타내는 기후지대는 zone 2이었으며, zone 1과 zone 3은 zone

2보다 좀 더 따뜻한 기후를, 나머지 기후지대는 zone 2보다 추운 기후를 나타냈다.

그렇지만 본 연구의 농업기후지대는 과거의 기후를 이용하였기 때문에 앞으로 기후변화에 의한 변화될 기후지대 반영하지 못하였다. 그러므로 앞으로의 연구에서는 미래의 기후를 예측하여 기후지대 구분하는 연구가 이루어진다면 앞으로의 농업관련 정책 및 연구들을 수행할 때 반영될 수 있을 것이다.

사 사

본 논문은 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업(과제번호: PJ01185804)의 지원에 의해 이루어진 것임.

REFERENCES

- Choi DH, Yun SH. 1989. Agroclimatic zone and characters of the area subject to climatic disaster in Korea. *Journal of Korean Society of Crop Science* 34(2):12-33.
- Digital Agro-Climate Map Database for Impact Assessment of Climate Change on Agriculture. 2013. <http://www.agdcm.kr>
- Hong KO, Suh MS, Rha DK, Chang DH, Kim CS, Kim MK. 2007. Estimation of high resolution gridded temperature using GIS and PRISM. *Journal of Korean Meteorological Society* 17(3):255-268.
- Koo JY, Park HJ, Choi D, Kim SS. 2013. *Data mining*. KNOU Press, Seoul.
- Korean Statistical Information Service. 2014. <http://kosis.kr>.
- Lee YS, Lee SH. 2008. The impacts of climate change on rice yield. *Journal of Korean Association of Professional Geographers* 42(3):405-416.
- Lee SH, Heo IH, Lee KM, Kwon WT. 2005. Classification of local climatic regions in Korea. *Journal of Korean Meteorological Society* 41(6):983-995.
- Oh IS. 2013. *Pattern recognition*. Kyobo Book Center, Seoul.
- Park CY, Choi YE, Moon JY, Yun WT. 2009. Classification of climate zones in South Korea considering both air temperature and rainfall. *Journal of Korean Association of Professional Geographers* 44(1):1-16.
- Park HW, Moon BC. 1998. Classification of climatic region in Korea using gis. *Journal of Korean Association of Professional Geographers* 33(1):17-40.
- Shim KM, Lee JT, Lee YS, Kim GY. 2004. Reclassification of winter barley cultivation zones in Korea based on recent evidences in climate change. *Journal of Korean Agricultural and Forest Meteorology* 6(4):218-234.
- Yun JI. 2010. Agroclimatic maps augmented by a GIS technology. *Journal of Korean Agricultural and Forest Meteorology* 12(1):63-73.