

기후 및 토양 정보를 고려한 포도의 재배적지 구분 연구

김용석, 최원준*, 허지나, 심교문, 조세라

국립농업과학원 기후변화평가과

(2020년 11월 4일 접수; 2020년 12월 7일 수정; 2020년 12월 9일 수락)

Study on Land Suitability Assessment of Grapes with Regards to Climate and Soil Conditions in South Korea

Yongseok Kim, Wonjun Choi*, Jina Hur, Kyo-Moon Shim, Sera Jo

Climate Change Assessment Division, National Institute of Agricultural Sciences

(Received November 4, 2020; Revised December 7, 2020; Accepted December 7, 2020)

ABSTRACT

It is difficult for farmers to select new crops for cultivation to increase income. So we conducted land suitability assessment of grapes with soil and climate information related to crop growth. At first, land suitabilities for grapes were classified into three categories (most suitable, suitable, low productive & not suitable areas) according to soil and climate conditions, respectively. In details, land suitability with respect to soil was assessed by soil morphological and physical properties including soil texture, drainage class, available soil depth, slope and gravel content, whereas one in accordance with climate was evaluated by average annual temperature, temperature during the growing season, temperature during maturation, the lowest temperature, chilling requirement and precipitation during the growing season. Secondly, we combined both soil and climate classification results using a most-limiting characteristic method. Maps showing the suitable land for grapes cultivation were drawn. The results indicate that the most suitable area of cultivation for grapes in south Korea was 3.43% and suitable (possible) area was 10.61%. This study may help to preserve land and increase the productivity through providing valuable information regarding where more suitable areas for grapes are located.

Key words: Land suitability assessment, Grapes, Climate information, Soil information

I. 서 론

포도는 우리나라 과수 중 감, 감귤, 사과 다음으로 많이 재배되고 있는 주요 과수 작목 중의 하나이다. 포도는 2000년대 전반이후 수입 자유화로 인해 재배 농가가 점차 감소하고 있지만, 타 작목 대비 상대적으로 높은 소득 창출로 인해 여전히 우리나라 주요 과수 작목로서 다양한 지역에서 재배되고 있다. 이러한 국

내산 포도가 안전 기능성 과실로서 최근의 소비 트렌드에 부합하고 귀농으로 인해 농촌에 새로운 젊은 인력이 유입된다면 현재 국내 포도의 재배농가와 생산량은 더욱 증가될 수 있을 것이다(RDA, 2014).

작물의 재배적지 분석 연구는 귀농자가 농사를 처음 시작하거나 기존 농업인이 재배할 농작물 교체할 경우에 농작물의 선택을 위한 의사결정에 도움을 줄 수 있다. 특히 재배적지 분포도는 토지의 이용 면에서



* Corresponding Author : Wonjun Choi
(ui90@korea.kr)

기존에 작물을 재배해 보지 않았던 토지에 대해서도 재배 가능한 작물을 가시적으로 알 수 있기 때문에 토지의 이용 효율을 높일 수 있다는 점에서 유용하다.

이러한 정보의 유용성 때문에 국내외 농업 전문가들은 주요 작물에 대한 재배적지를 구분하는 연구를 수행하였다. 국내의 경우, Kim *et al.*(2016)은 기후와 토양 인자를 통합하여 사과와 배에 대한 재배적지를, Kim *et al.*(2012)은 난지형 마늘의 재배적지를, Kim and Lee(2006)은 복분자에 대한 재배적지를 각각 구분한 연구를 수행하였다. 국외의 경우, Odoemena and Igomu(2017)은 나이지리아에서 기후와 토양인자를 고려한 옥수수의 재배적지 평가 연구를 수행하였고, Agidew(2015)은 에티오피아의 수수와 보리에 대한 재배적지 평가 연구를 수행하였다. 그리고 중국에서는 강남콩에 대한 재배적지 분석 연구(He *et al.*, 2017)와 기후 조건만을 고려해서 옥수수의 재배적지를 분석한 연구(HE and ZHOU, 2012)도 수행 되었으며, 이란에서 알파파와 보리에 대한 재배적지를 분석한 연구(Mahabadi, 2010)도 수행 되었다. 그러나 우리나라에서는 기후와 토양 인자를 고려한 재배적지에 대해 분석한 연구는 부족한 실정이다.

본 연구에서는 선행적으로 수행되었던 기후조건과 토양조건을 함께 고려한 포도의 재배적지 분석 연구

(Kim *et al.*, 2019)에서 포도의 생육에 중요하게 고려되어야 할 것으로 예상되는 저온요구도와 강수량 조건을 추가적으로 적용하여 재배적지 구분에 대해 정확성을 높이기 위한 연구를 수행하였다.

II. 재료 및 방법

본 연구에서는 기후자료로 기상청에서 관측된 1981년부터 2010년까지의 종관기상자료를 수집하였다. 재배적지 분포도 작성을 위해, 수집된 점 관측자료를 통계적 방법을 이용하여 270m격자의 평년 일별 상세 기후자료로 재생산하였다. 기온의 경우, 관측소 별 기온 관측값을 이용하여 역거리가중법(IDW; Inverse Distance Weighting) 방법으로 공간내삽 한 후 해발고도에 의한 온도차, 일사효과, 도시열섬효과, 온난대 효과, 냉기류 집적 등에 대한 현상을 수치화한 보정인자를 적용하여 계산하였으며(Kim *et al.*, 2012; Kim *et al.*, 2015), 강수량의 경우, 해안도, 경사면, 고도차 등이 고려된 PRISM (Parameter-elevation Regression on Independent Slopes Model) 모형을 바탕으로 상세화 한 자료를 생산하였다(Kim and Yun, 2013). 남한지역 상세 기후자료 생산 시 수집 정보의 한계로 민간인 통제구역 안쪽 지역은 제외 되었다.

Table 1. The growth stages of grapes

Period	Mar.			Apr.			May			Jun.			Jul.			Aug.			Sept.			Oct.			Nov.		
	E	M	L	E	M	L	E	M	L	E	M	L	E	M	L	E	M	L	E	M	L	E	M	L	E	M	L
Growth Stages	Bud burst and shoot growth						Flowering and Fruit Enlargement						Ripening			Harvest											

Table 2. Class conditions for climate in grapes (N1: Not suitable, S2: possible, S1: Highly suitable)

Sub-factor	S1	S2	N1
Temperature during growing period(°C) - April ~ October	18.0 ≤ x < 22.0	16.0 ≤ x < 18.0, 22.0 ≤ s < 24.0	x < 16.0, 24.0 ≤ x
Average temperature of a year(°C)	11.0 ≤ x < 15.0	9.0 ≤ x < 11.0, 15.0 ≤ x < 17.0	x < 9.0, 17.0 ≤ x
Temperature during the maturation period(°C) - August	x < 26.0	26.0 ≤ x < 30.0	30.0 ≤ x
The lowest temperature(°C)	x ≥ (-18.0)	(-25.0) ≤ x < (-18.0)	x < (-25.0)
Chilling requirement(day) -Base temperature 7.2	x ≥ 42	-	x < 42
Precipitation during growing period (mm) - March ~ October	x < 1200	-	1200 ≤ x

Table 3. Class conditions for soil in grapes (N1: Not suitable, S2: possible, S1: Highly suitable)

Sub-factor	S1	S2	N1
Soil morphology	Fluvial plains, alluvial fan, valley	Hill, Foothlope of mountain, Lava plateau, Dilluvium	Fluvio-marine plains, Mountain, Cinder cone
Slope (%)	$0 \leq x < 5$	$15 \leq x < 30$	$30 \leq x$
Soil texture	Clay loam, Silt clay loam, Sandy loam, Silt sandy loam	Clay	Sand, Gravelly soil, Gravelly sand
Drainage classes	Well, Well but too excessive	Moderately well	Poor
Available soil depth (cm)	$50 \leq x$	$20 < x \leq 50$	$x \leq 20$
Gravel content (%)	$x < 35$	-	$35 \leq x$

토양자료는 농촌진흥청 국립농업과학원의 토양정보시스템인 ‘흙토타’ (NAS, 2010)에서 제공 중인 토양적성도를 이용하여 재배적지 구분에 사용하였다.

기후인자는 포도의 생육단계를 고려하여 생육단계별 구분 기준을 적용하였다. 포도의 생육단계는 3월 상순에 발아 및 신초생장기가 시작되고 5~7월에 개화 및 과립비대기를 거쳐 8월에 성숙기에 접어든다 (Table 1). 기후인자를 통한 재배적지 등급의 구분은 농촌진흥청 국립원예특작과학원의 과수생육·품질관리시스템(NIHHS, 2016)에서 제공하는 포도의 재배적지 기준과 FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2020)에서 제공하는 포도의 재배 기후조건을 참고하였다. 재배적지는 작물이 안전하게 재배될 것이라고 생각되는 조건을 적지(S1, Suitable area 1)로, 어느 정도 관리를 통하면 작물 재배가 가능할 것이 생각되는 조건을 가능지(S2, Possible area)로 구분하였으며, 작물이 생육이 저조하거나 불가능할 것이라고 생각되는 조건을 저위생산지&부적지(N1, Low productive & not suitable area)로 설정하여 총 3단계로 구분하였으며, 최대저해인자법을 이용하여 최종적으로 기후인자를 고려한 자료를 생산하였다(Table 2).

토양은 토양적성도에서 최적지, 적지, 가능지, 저위생산지(4단계)로 구분 되어 있는 것을 최적지와 적지를 적지로, 가능지는 그대로 가능지로, 저위생산지는 부적지로 새롭게 분류하였다. 이러한 설정을 통해 토양인자도 기후인자와 똑같이 적지(S1), 가능지(S2), 부적지(N1) 3단계로 구분하여 재배적지 자료를 생산하였다(Table 3).

이렇게 생산된 기후자료와 토양자료의 통합은 최종

적으로 최대저해인자법을 이용하여 포도에 대한 재배적지를 구분하였다. 최대저해인자법은 해당 지점의 인자들 중에서 가장 큰 나쁜 조건의 저해인자의 값을 그 지점의 대표 값으로 선정하는 방법이다(Brinkman and Young, 1976).

III. 결과 및 고찰

3.1. 기후조건에 의한 재배적지 분류 결과

기후조건을 기준으로 재배지역을 구분한 결과 전국 면적을 기준으로 적지가 26.12%로 나타났으며, 가능지가 13.42%로 나타났다(Fig. 1; Table 4). 지역별로 살펴보면 적지의 경우 경상북도가 전국 면적 기준으로 9.24%로 가장 넓었고, 충청남도가 5.06%, 전라남도가 2.84%로 나타났다. 가능지의 경우는 경상북도가 5.72%로 가장 넓었고, 충청북도가 2.26%, 전라남도가 1.66%로 나타났다. 적지와 가능지를 합한 지역은 경상북도가 14.96%로 가장 넓었고, 충청남도가 5.49%, 충청북도가 4.91%, 전라남도가 4.51%, 전라북도가 3.85%인 것으로 나타났다.

3.2. 토양조건에 의한 재배적지 분류 결과

토양조건을 기준으로 재배지역을 구분한 결과는 전국 면적을 기준으로 8.26%가 적지이고, 17.23%가 가능지로 나타났다(Fig. 2; Table 5). 지역별로는 적지의 경우 경상북도가 1.62%로 가장 넓었고, 경기도가 1.21%, 충청남도가 1.01%, 전라남도가 0.90%로 나타났다. 가능지는 전라남도과 경상북도가 각각 2.63%였

Table 4. Percentages of area for each suitability class of grapes with regards to climate conditions

Class	Percentage of area(%)
S1	26.21
S2	13.42
N1	60.37

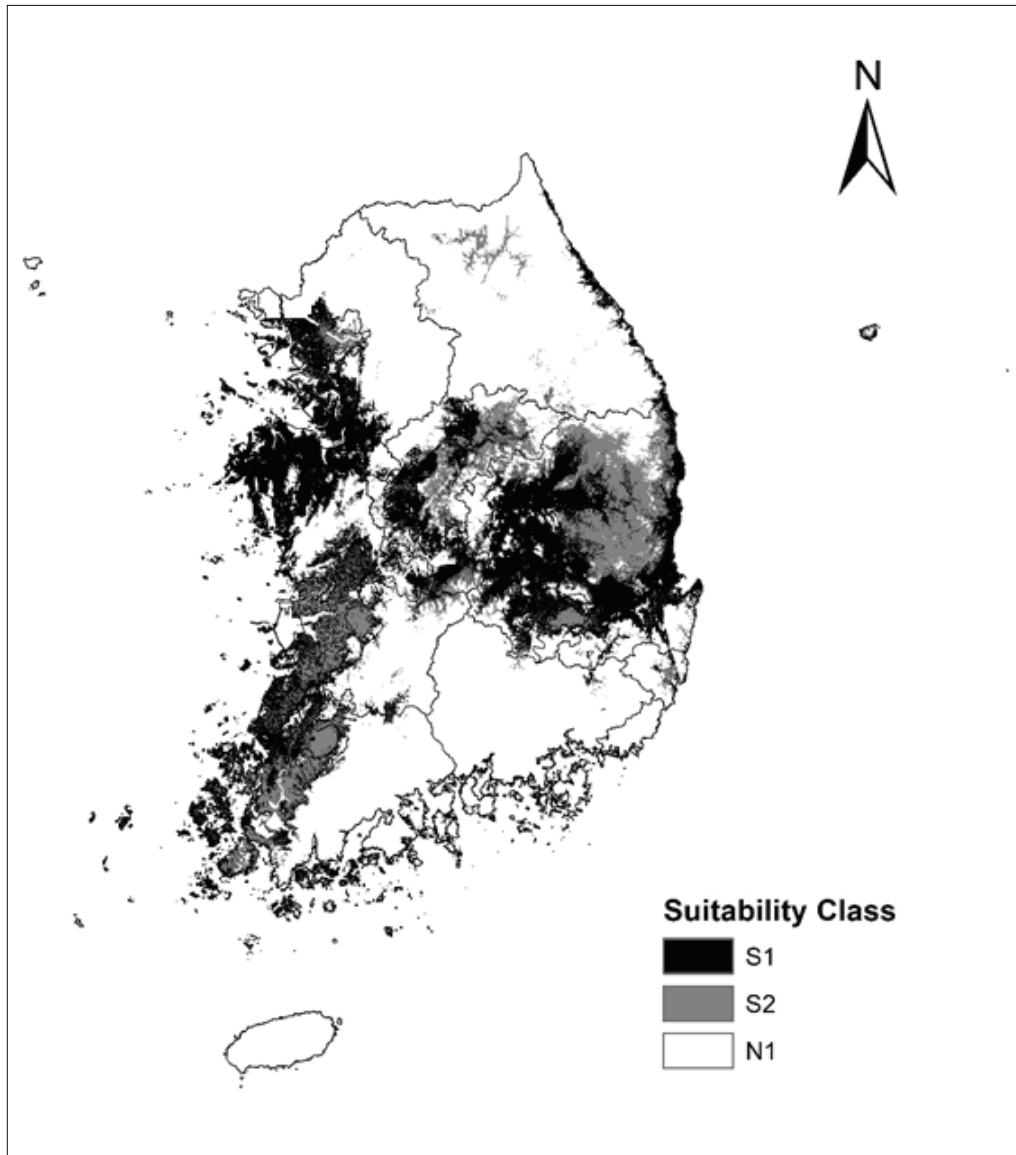


Fig. 1. Suitability class map for grapes with regards to climate conditions.

고, 충청남도 2.45%, 경기도가 1.96%였다. 적지와 가능지를 합한 지역은 경상북도가 4.26%로 가장 넓었고,

전라남도 3.53%, 충청남도 3.46%, 경기도 2.90%인 것으로 나타났다.

Table 5. Percentages of area for each suitability class of grapes with regards to soil conditions

Class	Percentage of area(%)
S1	8.26
S2	17.23
N1	74.51

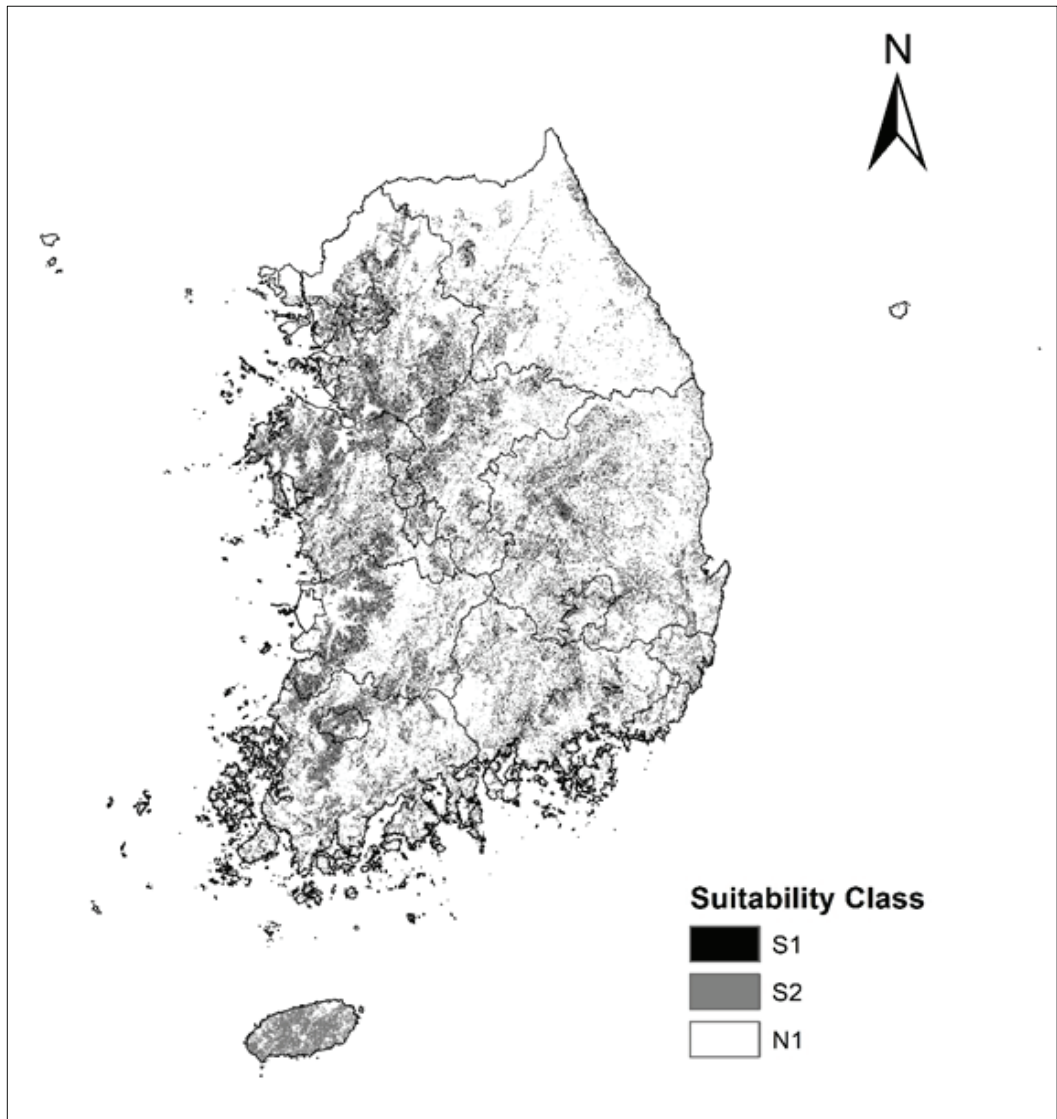


Fig. 2. Suitability class map for grapes with regards to soil conditions.

기후와 토양의 조건을 통합하여 재배적지를 구분한 결과에서는 전국 면적을 기준으로 적지가 3.43%로 나타났고, 가능지는 10.61%로 나타났다(Fig. 3; Table 6). 지역별로는 경상북도가 1.15%로 적지가 가장 넓은

것으로 나타났고, 충청남도가 0.72%와 충청북도가 0.44%로 나타났다. 지역별로 가능지는 경상북도가 2.67%로 가장 넓었으며, 충청남도가 2.11%, 전라남도가 1.54%인 것으로 나타났다(Table 7).

Table 6. Percentages of area for each suitability class for grapes with regards to climate and soil conditions

Class	Percentage of area(%)
S1	3.43
S2	10.61
N1	85.96

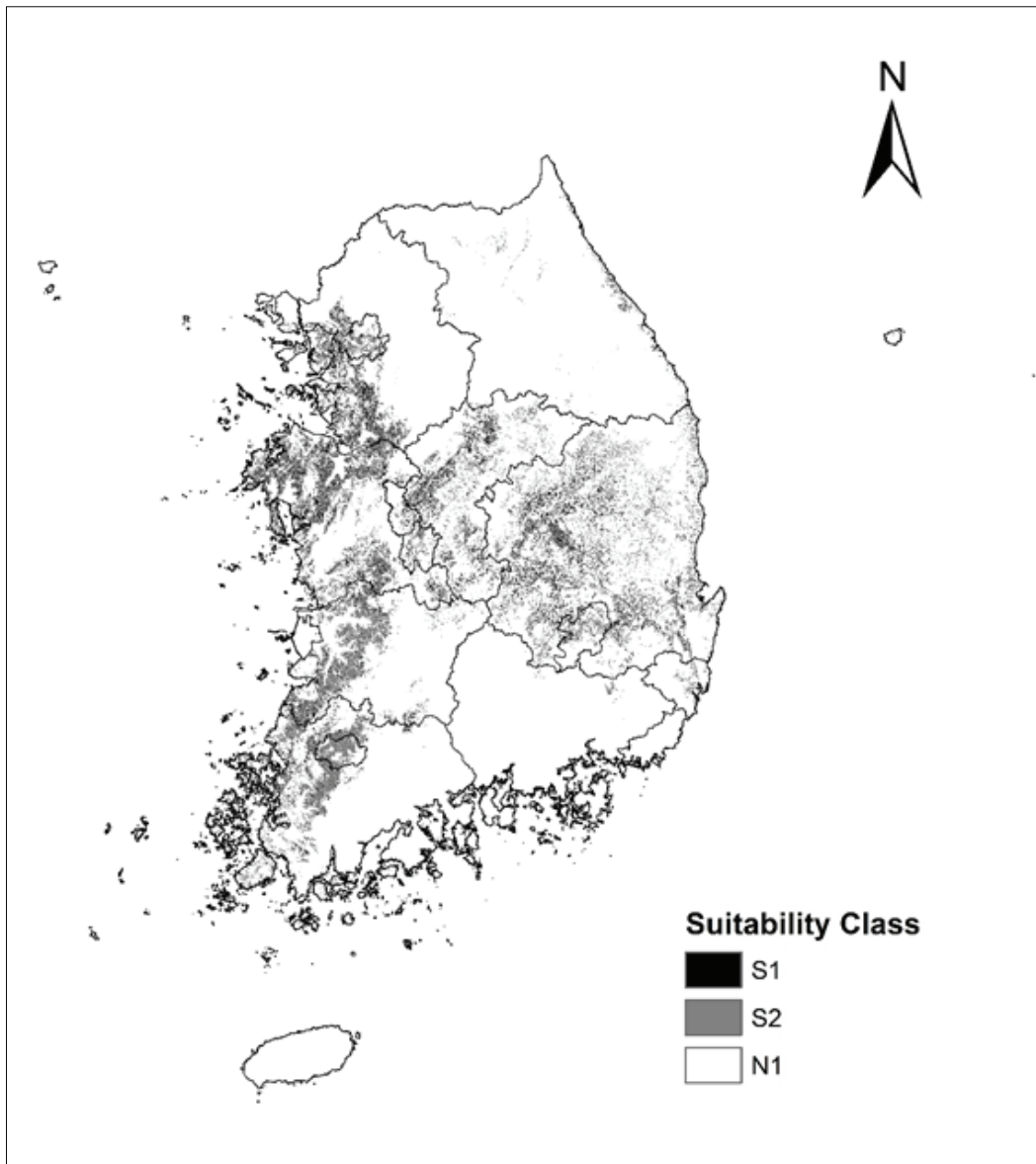


Fig. 3. Suitability class map for grapes with regards to climate and soil conditions.

Table 7. Percentages of area by provinces for each suitability class for grapes with regards to climate and soil conditions

Class	Percentage of area(%)									
	GG	GW	CB	CN	JB	JN	GB	GN	JJ	etc.
S1	0.39	0.06	0.44	0.72	0.23	0.23	1.15	0.01	0.00	0.22
S2	0.77	0.14	0.89	2.11	1.52	1.54	2.67	0.03	0.00	0.94
N1	8.14	8.14	6.58	5.52	6.57	10.23	16.43	10.88	1.91	4.30

GG: Gyeonggi-do, GW: Gangwon-do, CB: Chungcheongbuk-do, CN: Chungcheongnam-do, JB: Jeollabuk-do, JN: Jeollanam-do, Gb: Gyeongsangbuk-do, GN: Gyeongsangnam-do, JJ: Jeju-do

3.3. 기후와 토양조건을 종합적으로 고려한 재배 적지 분류 결과

적지와 가능지를 합한 지역은 전국 면적 기준으로 14.04% 정도로 예상되었다. 지역별로는 전국대비 3.82%의 면적이 재배가 가능한 지역으로 나타난 경상북도가 가장 넓었고, 그 다음으로 충청남도과 전라남도, 전라북도 순으로 각각 2.83%, 1.77%, 1.75%로 나타났다.

통계청 국가통계포털(KOSIS, 2007)의 통계자료에 의하면 1981년~2010년의 포도재배면적은 1981년에 9,186ha에서 1999년에는 29,462ha로 증가하다가 2000년부터 감소하기 시작하여 2010년에 17,572ha로 집계되었고, 이 기간 동안의 재배면적의 평균은 19,907ha였다. 지역별로는 경상북도가 8,342ha로 전체 포도재배면적 기준으로 41.90%를 차지하여 가장 넓었고, 충청북도가 2,930ha로 14.72%, 경기도가 2,809ha로 14.11%, 충청남도가 2,214ha로 11.12%인 것으로 나타났다. 앞에서 연구된 재배적지 분석 결과에서 포도 재배면적이 가장 넓은 지역에 해당하는 경상북도가 실제 통계자료에서도 가장 넓게 나타났다(Table 8).

포도의 재배적지를 분석한 결과에서 다른 지역에 비해 경상북도와 충청남도에서 포도의 재배에 적합한 지역의 면적이 넓은 것으로 분석되었는데, 실제 포도 재배면적 통계에서도 두 지역이 다른 지역보다 재배면적이 넓었다. 그렇지만 재배적지 분석 결과에서 포도 재배면적이 상대적으로 넓게 나타났던 전라남도과 전

라북도는 실제 통계에서는 넓지 않았다. 그리고 충청북도는 실제 통계자료에서 포도 재배면적이 두 번째로 넓은 지역이었지만, 재배적지 분석 결과에서는 9개 도 중에서 중간정도의 재배면적을 나타냈다.

포도의 재배적지 분석결과에서 포도 재배가 가능한 지역의 총면적이 실제로 재배되고 있는 통계 면적보다 크기 때문에 현재 재배되고 있는 지역 외에 기후와 토양만을 고려하였을 때 재배지역이 확대 가능 할 것으로 예상된다.

본 연구에서의 재배적지 분석 결과는 작물의 생육과 관련된 기상인자나 토양인자 이외에 작물을 재배하는데 고려되는 타 요인들(지역적 입지, 지원 정책, 농작업의 편의성, 유통 구조 등)을 반영하지 못했기 때문에 실제 재배면적과 차이가 있을 가능성이 있다. 그리고, 한 토지에서도 여러 작물의 재배가 적합할 수 있기 때문에 농업인은 재배 수익이 높거나 판로가 확보된 작물을 선택할 확률이 높아 포도의 적합지라도 다른 작물을 재배할 수도 있고, 토지를 농경지 외에 다른 용도로 이용할 수도 있을 것이다.

그렇기 때문에 앞으로의 작물의 재배적지 분석 연구에서는 재배적지의 현실적인 상황을 좀 더 정확히 반영하기 위해 작물의 가격 경쟁력, 수·출입 정책, 소비자의 소비 트렌드, 유통의 효율성 등의 영향을 종합적으로 분석하여 반영한다면 더욱 활용성 높은 작물의 재배적지 정보를 제공할 수 있을 것이다.

Table 8. Grapes cultivation area by provinces based on statistical information

Provinces	GG	GW	CB	CN	JB	JN	Gb	GN	JJ	etc.	Total
area (ha)	2,809	184	2,930	2,214	846	568	8,342	856	2	1,323	19,907

GG: Gyeonggi-do, GW: Gangwon-do, CB: Chungcheongbuk-do, CN: Chungcheongnam-do, JB: Jeollabuk-do, JN: Jeollanam-do, Gb: Gyeongsangbuk-do, GN: Gyeongsangnam-do, JJ: Jeju-do

적 요

본 연구에서는 포도의 생육과 관련된 연평균기온, 생육기 기온, 성숙기 기온, 극최저기온, 저온요구도, 강수량과 같은 기후인자와 심토토성, 침식정도, 배수등급, 유효토심, 경사도, 자갈함량, 지형과 같은 토양인자를 선정하여 기후와 토양의 조건을 최대저해인자법을 이용해 통합한 재배적지 구분 연구를 수행하였다. 재배적지는 적지, 가능지, 저위생산지&부적지의 3단계로 구분하였으며, 연구결과는 전국 면적을 기준으로 적지가 3.43%로 나타났고, 가능지는 10.61%로 나타났다. 지역별로 적지는 경상북도가 1.15%로 가장 넓은 것으로 나타났고, 충청남도가 0.72%와 충청북도가 0.44%로 나타났다. 가능지는 경상북도가 2.67%로 가장 넓었으며, 충청남도가 2.11%, 전라남도가 1.54%인 것으로 나타났다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업(PJ01354802)의 지원에 의해 이루어진 것임.

REFERENCES

- Agidew, A. A. 2015: Land suitability evaluation for sorghum and barley crops in South Wollo Zone of Ethiopia. *Jouranl of Economics and Sustainable Development* **6**(1), 14-26.
- Brinkman, R., and A.Young, 1976: A framework for land evaluation. FAO.
- FAO, 2020: [http://www.fao.org/land-water/databases-and-software/crop- information/grape/en/](http://www.fao.org/land-water/databases-and-software/crop-information/grape/en/) (2020.11.24.)
- He, Q. J., and G. S. Zhou, 2012: The climatic suitability for maize cultivation in China. *Chines Science Bulletin* **57**(4), 395-403.
- He, W., S. Yang, Y. Chen, W. Zhou, C. Jia, and G. Sun. 2017: GIS-based evaluation of soybean growing areas suitability in China. In *International Conference on Computer and Computing Technologies in Agriculture*, Springer, Berlin, Heidelberg, 357-366.
- Kim, D. J., and J. I. Yun, 2013: Improving usage of the Korea Meteorological Administration's Digital Forecasts in agriculture: 2. Refining the distribution of precipitation amount. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **11**(2), 72-78.
- Kim, H. J., K. A. Koo, and K. M. Shim, 2019: The maximum limiting characteristic method-based land suitability assessment for peaches (*Prunus persica*) and grapes (*Vitis vinifera* L.) using rasterized data of soil and climate on agricultural land in South Korea. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **21**(4), 127-134.
- Kim, S. O., J. H. Kim, D. J. Kim, and J. I. Yun, 2012: Wind effect on the distribution of daily minimum temperature across a cold pooling catchment. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **14**(4), 277-282.
- Kim, S. O., J. H. Kim, D. J. Kim, K. M. Shim, and J. I. Yun, 2015: Combined effects of wind and solar irradiance on the spatial variation of midday air temperature over a mountainous terrain. *Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences* **51**(3), 239-247.
- Kim, T. J., and G. S. Lee, 2006: The site analysis for crop cultivation using GIS-based AHP method. *Journal of The Korean Society of Civil Engineers* **26**(4D), 695-702.
- Kim, Y. W., M. W. Jang, S. Y. Hong, and Y. H. Kim, 2012: Assessing southern-type garlic suitability with regards to soil and temperature conditions. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer* **45**(2), 266-271.
- KOSIS, 2007: <http://kosis.kr/> (2019.6.14.)
- Mahabadi, N. Y., J. Givi, M. N. Khorasgani, J. Mohammadi, and R. M. P. Claret, 2012: Land suitability evaluation for alfalfa and barley based on FAO and fuzzy multi-criteria approaches in Iranian arid region. *DESERT* **17**, 77-89.
- NAS, 2010: <http://soil.rda.go.kr/> (2019.5.14.)
- NIHHS, 2016: <http://fruit.nihhs.go.kr/> (2019. 5.14.)
- Odoenena, S. O., and E. A. Igomu, 2017: Evaluation of soil and climatic conditions supporting maize (*Zea mays* L.) production in Makurdi, Nigeria. *Journal of Agriculture and Ecology Research International* **12**(2), 1-12.
- RDA, 2014: <http://www.nongsaro.go.kr/> (2019.10.14.)