한국농림기상학회지, 제18권 제3호(2016) (pISSN 1229-5671, eISSN 2288-1859)
Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology, Vol. 18, No. 3, (2016), pp. 127~134
DOI: 10.5532/KJAFM.2016.18.3.127
ⓒ Author(s) 2016. CC Attribution 3.0 License.

기후 및 토양 정보에서 최대저해인자법을 이용한 재배적지 구분의 통합에 관한 연구

김호정* · **심교문** · **현병근**
국립농업과학원 농업환경부
(2016년 6월 13일 접수; 2016년 9월 1일 수정; 2016년 9월 27일 수락)

Land Suitability Assessment by Combining Classification Results by Climate and Soil Information Using the Most Limiting Characteristic Method in the Republic of Korea

Hojung Kim, Kyomoon Shim and Byungkeun Hyun
Department of Agricultural Environment, National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Wanju 55365, Korea
(Received June 13, 2016; Revised September 1, 2016; Accepted September 27, 2016)

ABSTRACT

Land suitability assessment for apples and pears was conducted with soil and climate information in South Korea. In doing so, we intended to preserve land and increase the productivity by providing valuable information regarding where more suitable areas for apples or pears are located. We used soil classification driven by soil environmental information system developed by National Institute of Agricultural Science, RDA, and also used climate classification in digital agro-climate map database for which is made by National Institute of Horticultural and Herbal Science. We combined both soil and climate classification results using a most-limiting characteristic method. The combined results showed very similar patterns with the results by classification based on soil information. Such results seem to come from the fact that the classification results by soil relatively lower than those by climate information. The results by soil classification seem to be too downgraded and checking if the final classification ranges in soil are reasonably made is strongly required. Although the most limiting characteristic method had been used widely in land suitability assessment, adapting the method based on results by soil and climate can be influenced by one downgraded factor. Therefore, alternative ways should be carefully considered for increasing the accuracy.

***Key words*: Land suitability assessment, Apples, Pears, A maximum limiting characteristic method**

I. 서 론

토지평가는 사용 목적에 따라 한정된 시간 동안에 해당지역의 성과를 예측함을 의미한다(Zonneveld, 1989; Martin and Saha, 2009; Elsheikh *et al.*, 2013). 재배적지는 정의된 용도에 대해서 어느 지역의 적합도를 나타내며 재배적지구분은 정의된 사용 용도에 대한 적합도의 측면에서 특정 지역을 구분하는 것이다(Brinkman and

* Corresponding Author : Hojung Kim
(hojung.kim.17@gmail.com)

Young, 1976). Food and Agriculture Organization (FAO)는 적합도의 구조적인 구분으로서 순위(orders), 등급(classes), 하위등급(subclasses), 구성단위(unit)로 분류하였다. 또한 구분방식에 있어서 정성적인 구분 및 정량적인 구분으로 나누었으며, 현재 상태로서의 적합도 및 미래에서 잠재적 적합도로 구분하였다(Brinkman and Young, 1976).

농촌진흥청에서 제작된 '토양환경정보시스템(http://soil.rda.go.kr)'은 토양환경정보 포탈서비스로서, 이 시스템에서는 수십 년 동안의 조사와 연구 경험 및 방대한 양의 토양, 농업환경정보 데이터베이스를 집대성하였으며 64개 작물에 대한 재배적지 기준 작성과 함께 GIS 기반으로 토양정보에 의한 재배적지를 제공하고 있다(RDA, 2010). 한편, 농촌진흥청의 '농업용 미래 상세 전자기후도 제공 시스템'에서는 사과, 배, 복숭아, 포도, 감귤, 단감에 대해서 기후정보를 이용하여 적지구분도를 제작하였다(RDA, 2013).

재배적지 구분 방법론으로서 최대저해인자법은 그 지역의 인자(factor)들 중에서 가장 큰 저해인자의 값을 그 지역의 대표 값으로 선정하는 것이다(Brinkman and Young, 1976). '농업용 미래 상세 전자기후도 제공 시스템'에서 기후 정보를 이용한 사과 및 배 재배적지를 구분하는데 있어서는 최대저해인자법이 사용되었다. 또 다른 방법론으로서 각각의 인자의 세부인자(sub-factor)들에 대해서 적지의 정도에 따라 점수를 부여하고 그 점수들의 합계를 구하여 최종점수 구간별로 등급을 정하는 종합점수제 방법론이 있다(Hyun *et al.*, 2010). '토양환경정보시스템'에서 토양 정보를 이용한 사과 및 배의 재배 적지 구분에 있어서 종합점수제 방법이 사용되었다. 더하여, 각 주요인자(climate, soil, etc) 및 그 주요인자의 각각의 세부인자(average temperature, soil morphology, etc) 별로 문헌조사, 전문가들에 대한 의견 혹은 모형의 결과값을 통한 가중치를 부여하는 등의 다양한 방법론이 존재한다 (Banai-Kashani, 1989; Kim *et al.*, 2012; Elsheikh *et al.*, 2013).

이번 연구에서는 사과와 배에 있어서 토양정보에 의한 재배 적지 결과값과 기후 정보에 의한 재배 적지 결과값을 최대저해인자법을 이용하여 통합하였다. 이를 통해 기후 및 토양 정보만을 각각 이용했을 때의 재배 적지 분포와 두 적지등급을 통합했을 때의 재배적지등급의 차이점을 비교 분석하였다.

II. 재료 및 방법

2.1. 실험재료

토양환경정보시스템의 구축기간은 2004년부터 2015년이며 64개의 작물들에 대해서 재배적지를 다루고 있다. 축척은 1:5000의 지도를 이용했으며 전국에 있는 주요 작물들의 다양한 토양특성 및 작물생산성을 고려하여 작물별 재배기준이 설정되었다. 기준 항목으로 지형, 경사, 토성, 배수등급, 유효토심, 자갈함량, 침식정도 등이 포함되었다, FAO는 재배적지구분을 S1 (Highly Suitable), S2 (Moderately suitable), S3 (Marginally suitable), N1 (Currently not suitable, N2 (Permanently not suitable)로 구분하며 N1은 경제적 의미를 포함한다(Brinkman and Young, 1976; FAO, 1983; FAO, 2007). 토양과 기후의 재배적지 값을 통합하기 위해서 토양 및 기후에서의 각각의 적지 등급을 FAO 재배적지 등급의 의미에 상응하는 등급으로 할당하였다. 적지구분은 토양에 있어서 S1, S2, S3, N1, N2로 구분하였고, 기후조건에 있어서는 S1, S2, N1만으로 구분하였다. 구체적으로 N2를 구분하지 않았을 경우 N1으로 구분 된 지역은 N2 지역을 포함할 수 있음을 전제로 한다. 사과와 배의 토양 정보를 Table 1과 Table 2에 나타내었다.

농촌진흥청 소속 국립원예특작과학원과 주식회사 에피넷이 농업용 미래 상세 전자기후도 제공 시스템을 제작하였다(RDA, 2013). 국가농림기상센터에서 제공한 1981년도부터 2010년까지 30년 동안의 기후 자료에 근거하여 최대저해인자법에 의하여 사과 및 배에 기후 조건을 Table 3과 Table 4에 표현하였다(RDA, 2013).

구간점수법을 이용한 토양정보에 의한 재배적지 등급과 기후정보에 대해 최대저해인자법을 이용한 재배적지 등급에 대해 다시 최대저해인자법을 적용하여 최종등급을 나타내었다. 예를 들어, 토양정보에 의한 구간점수법을 이용한 재배적지 등급이 S2가 되고 기후정보에 의한 최대저해인자법을 이용한 재배적지 등급이 S1이 되었을 때, 두 값 중에서 최대저해인자인 토양정보에 의한 재배적지 등급인 S2가 그 지역의 최종등급이 된다.

2.2. 연구지역

본 연구는 대한민국 한반도 전 지역을 대상으로 한

Table 1. Class conditions for soil in apple

Sub-factor	S1	S2	S3	N1
Soil morphology	fluvial plains, alluvial fan, valley	Dilluvium	Hill, Footslope of mountain, Lava plateau, Corrosion area	Fluvio-marine plains, Mountain, Cinder cone
Slope (%)	0-7	7-15	15-30	>30
Soil texture	Sandy loam, Silt sandy loam	Clay loam	Silt clay loam, Clay	Sand, Gravelly soil, Gravellly sand
Drainage classes	Well	Well but too excessive	Moderately well	Poor
Available soil depth	>100	50-100	20-50	<20

Table 2. Class conditions for soil in pear

Sub-factor	S1	S2	S3	N1
Soil texture	Clay loam, Silt clay loam	Sandy loam, Silt sandy loam	Clay	Sand, Gravelly soil, Gravelly sand
Slope (%)	< 7	7-15	15-30	>30
Drainage classes	Well	Well but too excessive	Moderately well	Poor, Little bit poor, Very poor
Available soil depth	>100	50-100	20-50	<20
Pebble contents	< 10	80-84	70-79	<69

Table 3. Class conditions for climate in apples

Sub-factor	S1	S2	N1
Temperature during growing period	$14.5 \leq x < 18.5$	$13.5 \leq x < 14.5$, $18.5 \leq s < 19.5$	$x < 13.5$, $19.5 \leq x$
Average temperature of a year	$7.5 \leq x < 11.5$	$6.5 \leq x < 7.5$, $11.5 \leq x < 12.5$	$x < 6.5$, $12.5 < x$
Temperature during the age of maturity	$10.0 \leq x < 20.0$		$x < 10.0$, $20.0 \leq x$
The lowest temperature	$x \geq (-30)$	$(-35) \leq x < (-30)$	$x < (-35)$

Table 4. Class conditions for climate in pears

Sub-factor	S1	S2	N1
Temperature during growing period	$18.5 \leq x < 21.5$	$17.0 \leq x < 18.5$, $21.5 \leq s < 23.0$	$x < 17.0$, $23.0 \leq x$
Average temperature of a year	$11.5 \leq x < 15.5$	$10.0 \leq x < 11.5$, $15.5 \leq x < 17.5$	$x < 10.0$, $17.0 < x$
Temperature during the germinating period	$10.5 \leq x < 13.5$	$8.5 \leq x < 10.5$, $13.5 \leq x < 15.5$	$x < 8.5$, $15.5 \leq x$
The lowest temperature	$x \geq (-25)$	$(-30) \leq x < (-25)$	$x < (-30)$

다. 한반도는 북위 33도-38도, 동경 126-131도에 걸쳐 있으며 기후적으로 냉대 동계 소우 기후와 온대 하우 기후, 온난 습윤 기후가 나타난다. 4월초에서 5월에 포근한 봄날씨를 갖게 되고 6월경에서 9월초까지는 무더운 여름이 지속되고 9월말에서 10월말까지는 가을날씨가 나타나고 11월에 기온과 습도가 점차 낮아지며 12월에서 2월까지는 춥고 건조한 겨울 날씨를 보인다. 비는 주로 여름에 많이 내리는데 연 강수량의 50-60%가 이 때 집중된다(KMA, 2009).

III. 결과 및 고찰

기후조건에 의한 사과 재배 적지 구분도를 Fig. 1에 나타내었고, 각 등급에 해당하는 면적의 비율은 Table 5에 기록하였다(RDA, 2013). 그림에서 보는 바와 같이 경상북도 지역이 전체적으로 S1이 가장 많이 나타나며 대체적으로 충청도를 포함한 중부지역은 기후적 측면에서 적지(S1, S2)로 구분 되는 지역이 많은 것으로 여겨지며 특히 경기도와 강원도에서도 S1의 비율이 높은 것을 알 수 있다. 대체적으로 남부 지역은 중부지역에 비해 상대적으로 적지 등급이 낮은 지역이

Table 5. Percentages for each suitability class using climate conditions in apples

Class	Percentage
S1	40.92
S2	27.67
N1	31.41
Total	100.00

많은 부분을 차지하는 것으로 나타났다. 제주도도 해안가를 중심으로는 N1으로 관찰되었으며 중심부에 S1의 분포를 볼 수 있었다. Table 5에서 보는 것과 같이 실제적으로 S1이 40.92%와 S2가 27.67%를 차지하는 것으로 나타나 기후적 측면에서 사과 재배의 적합지(Suitable areas)가 통합되어 68.59%로 나타났다. 사과재배적지 결과값에 근거하여 기후적 측면에서는 토양적 측면에 비교하여 상대적으로 더 넓은 지역이 적지임이 밝혀졌다.

토양조건에 의하여 재배적지 구분도를 Fig. 2에 나타내었고, 각 등급에 해당하는 면적의 비율을 Table 6에 나타내었다(RDA, 2010). 강원도 지역에 N2의 비율이 상대적으로 높으며 서부 지역에 재배 적지가 상

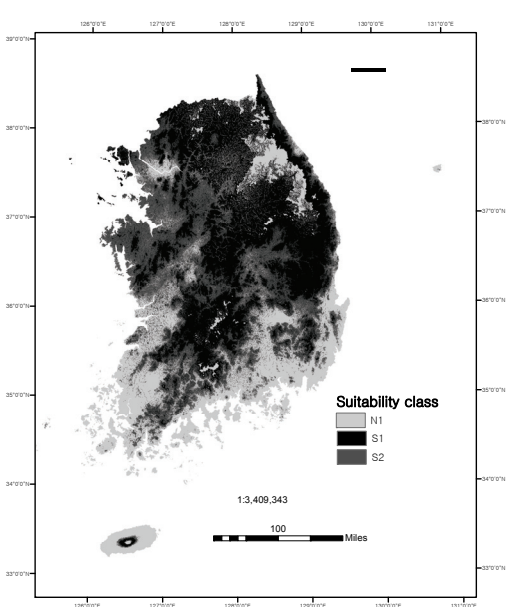

Fig. 1. Land suitability classification for apples using climate conditions. (N1: Currently not suitable, S2: Moderately suitable, S1: Highly suitable).

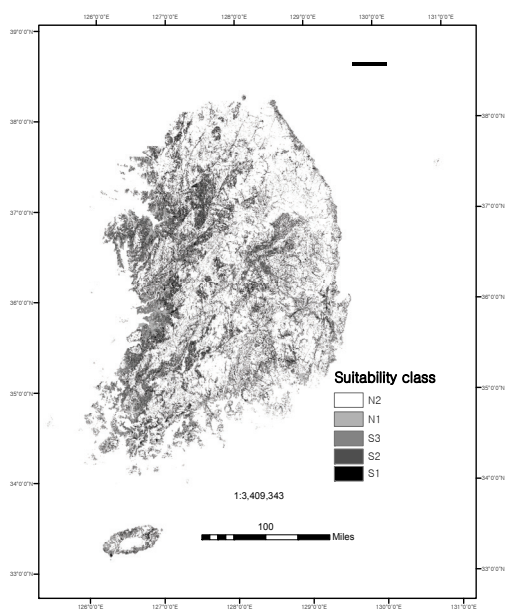

Fig. 2. Land suitability classification for apple using soil conditions. (N1: Currently not suitable, S2: Moderately suitable, S1: Highly suitable).

Table 6. Percentages for each suitability class using soil conditions in apples

Class	Percentage
S1	7.44
S2	4.38
S3	14.20
N1	4.20
N2	69.78
Total	100.00

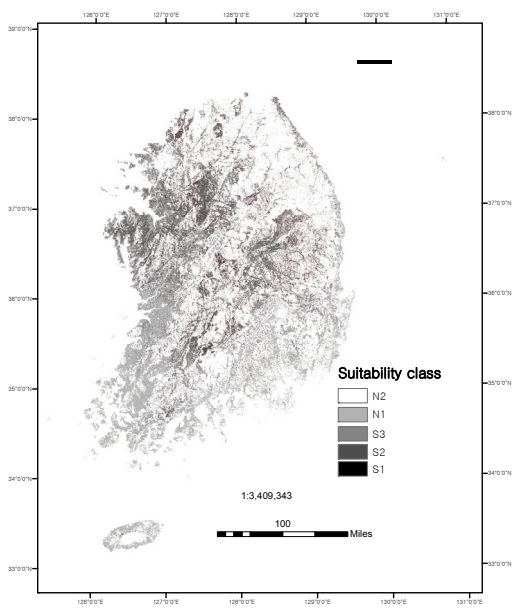

Fig. 3. Land suitability classification for apple using the most-limiting characteristic method. (N1: Currently not suitable, S2: Moderately suitable, S1: Highly suitable).

Table 7. Percentages for each suitability class for apples using the most-limiting characteristic method

Class	Percentage
S1	9.38
S2	10.95
S3	6.68
N1	6.48
N2	66.52
Total	100.00

대적으로 높게 나타났다. 그러나 행정구역상으로 어느 특정지역이 특별히 높게 형성되지 않고 그림으로부터도 전체적으로 N1과 N2의 지역을 많이 볼 수 있다. 수치상으로 N2가 69.78%를 차지하였고, N1이 4.20%를 차지하여 N1과 N2의 합이 73.98%에 이르는 것을 알 수 있다. 이는 토양적 측면에서 부적합지(Non-suitable areas)가 높은 부분을 차지한다는 분석 값이다.

기후인자들에 근거한 사과재배적지 구분값에 더하여 토양정보들에 근거한 사과 재배적지 구분값을 최대저해인자법을 적용하여 지도를 생성하고 각 재배적지 등급의 비율을 나타내었다(Fig. 3, Table 7). 전체적으로 토양정보에 의한 재배적지 구분도와 비슷한 결과를 지도를 통해서 확인할 수 있다. S1이 9.38%, S2가 10.95%, S3가 6.68%로서 통합적으로 27.01%가 재배적합지역(Suitable areas)으로 구분되었고, 72.99%가 N1 및 N2로 구분되었다. 이는 토양의 재배적지 구분값과 비교 했을때, S2와 S3에서 6-7%정도의 편차를 가질 뿐, 다른 등급에서는 토양의 재배적지 구분값과 통합된 재배적지 구분값은 매우 비슷하였다.

기후정보에 근거한 배 재배적지 분포와 각 재배적지 등급이 차지하는 면적비율을 나타내었다(Fig. 4, Table 8) (RDA, 2013). 면적비율로는 S1이 41.40%,

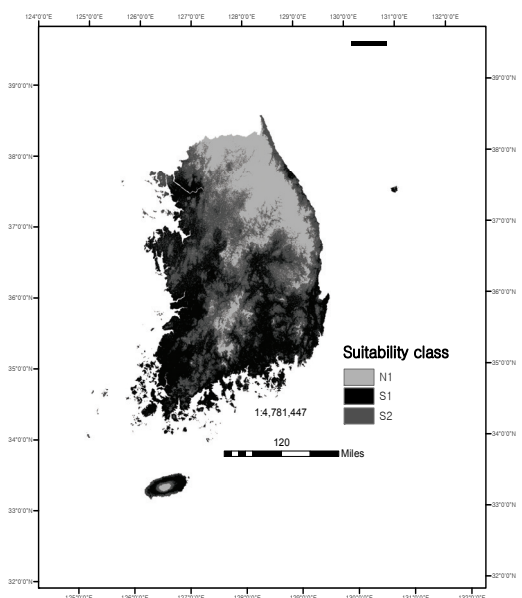

Fig. 4. Land suitability classification for pears using climate information. (N1: Currently not suitable, S2: Moderately suitable, S1: Highly suitable).

Table 8. Percentages for each suitability class using climate conditions in pears

Class	Percentage
S1	41.40
S2	34.83
N1	23.76
Total	100.00

S2가 34.83%를 차지하여 합계로 76.23%를 차지하여 기후학적으로는 대체적으로 재배적지의 비율이 높은 것으로 나타났다. 지도를 보았을 때, 위치적으로 남부와 서부의 해안가를 중심으로 S1의 비율이 높은 것을 볼 수 있다. 반면에, 강원도 지역을 중심으로 북동부 지역은 특별히 N1의 비율이 높은 것으로 나타났다.

토양조건들에 의하여 배 재배적지 구분도와 재배적지 등급의 면적비율을 Fig. 5와 Table 9에 나타내었다(RDA, 2010). 우선적으로 특별한 점은 토양에 의한 사과 재배적지구분과 같이 N1이 3.74%, N2의 비율이 69.85%로서 합계가 73.59%가 되어 부적합지의 비율이 상당히 높다는 것이다. 반면에, S1이 12.57%, S2가 7.05%, S3가 6.79%로서 적합지의 합계로 26.41%가 되는 것으로 나타났다. 비록 S1의 비율은 기후에 비해서 낮지만 서부와 남부 쪽으로 주로 적합지가 나타나고 강원도 지역에는 부적합지의 비율이 높은 점은 공통점으로 나타났다.

Table 9. Percentages for each suitability class using soil conditions in pears

Class	Percentage
S1	12.57
S2	7.05
S3	6.79
N1	3.74
N2	69.85
Total	100.00

최대저해인자법을 이용하여 기후조건을 이용한 배 재배적지의 결과값과 토양조건을 이용한 배 재배적지의 결과값을 통합하였다(Fig. 6, Table 10). S1이 9.38%, S2가 10.95%, S3가 6.68%로서 적합지의 총합으로 S3 이상이 27.01%를 차지하고 있다. 그림에서 보면 사과의 통합지도에서와 같이 전체적 분포상으로서 토양 재배적지와 비슷한 적지구분을 나타내고 있으며 등급의 면적 비율에 있어서도 대체적으로 비슷한 분포를 보이고 있다.

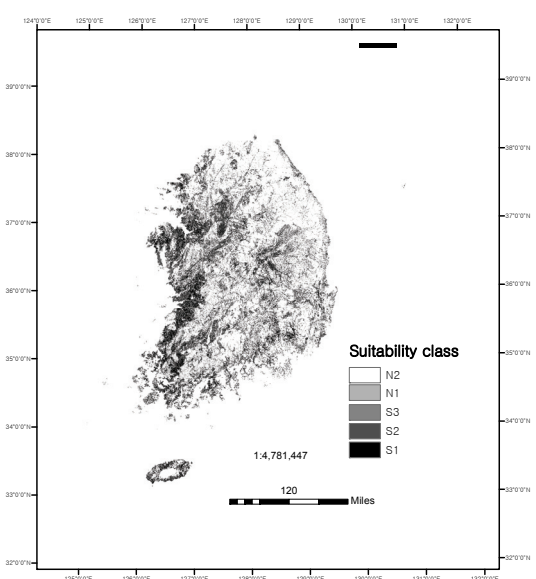

Fig. 5. Land suitability classification for pears using soil conditions. (N1: Currently not suitable, S2: Moderately suitable, S1: Highly suitable).

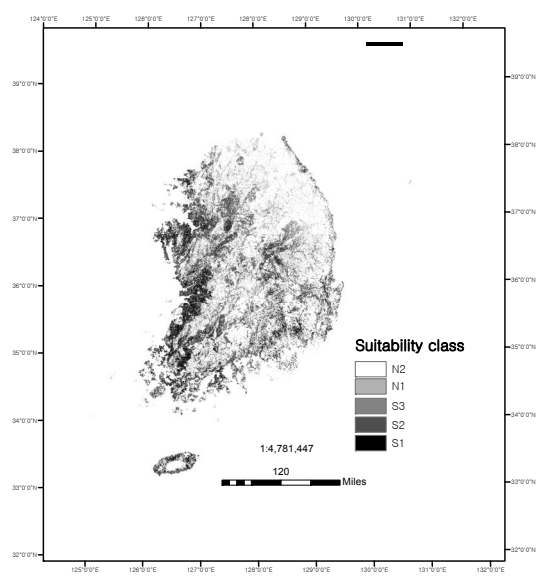

Fig. 6. Land suitability classification for apple using the most-limiting characteristic method. (N1: Currently not suitable, S2: Moderately suitable, S1: Highly suitable).

Table 10. Percentages for each suitability class for pears using the most-limiting characteristic method

Class	Percentage
S1	9.38
S2	10.95
S3	6.68
N1	6.48
N2	66.52
Total	100.00

농업용 미래 상세 전자기후도 제공 시스템(RDA, 2013)에서 작성한 사과와 배의 기후재배조건 설정에 있어서 우선적으로 재배적지 기준에 대한 충분한 설명을 하고 있는 문서가 부재하다. 따라서, 적지, 가능지 '부적지 및 저위생산지'로 구분하였는데 구분 등급에 있어서 어떤 기준을 통해 구분되었는지에 대한 설명이 불충분하다. 특별히 저위생산지 및 부적지를 통합된 등급으로 묶음으로서 의미가 불분명함을 알 수 있다. 이 등급은 실제로 부적지를 포함하고 있기에 N1으로 할당하였으나 S3의 의미를 함께 포함하고 있어 추후에 이 구분을 농업용 미래 상세 전자기후도 제공 시스템에서 명확히 하는 것이 올바른 구분 방식이라고 여겨진다. 문서를 통해 각 재배등급이 실제적으로 의미하는 바가 구체적으로 무엇인지 명확히 명시하고 그 구분에 따라 적합지, 부적합지로 크게 나누며 적합지 및 부적합지의 등급을 세부화 할 것을 제안한다. 특별히 FAO 는 각 등급의 의미에 대해서 생산량(yields)과 물질 및 경영의 투입(Inputs)의 측면에서 재배적지등급을 구분하고 있는데 이와 같이 국제적으로 자주 통용되는 기준을 이용하는 것을 또한 제안한다(FAO, 1983).

토양환경정보시스템의 사과와 배에 있어서는 각 세부항목의 적지 기준 조건 및 최종 적지 구분을 하는 점수 구간에 대한 과학적 근거에 대한 설명이 부족하다. 또한, 사과에 있어서 최종 점수구간에 의한 재배적지 결과값(Table 6)에 의하면 N1과 N2를 합친 값이 73.98이고 배의 재배 부적지 및 불가지의 합이 73.59%에 달하는 것으로 나타났다. N1과 N2의 이러한 높은 비율이 실제적인 것인지에 대한 현장 관측데이터를 통해 검증이 필요하겠다.

농업용 미래 상세 전자기후도 제공 시스템에서와 같이 토양환경정보시스템에서도 재배적지 모형의 결과값을 나타내고 있음에도 불구하고 그 모형 구성의 구체적 사안들을 설명하고 있는 충분한 문서가 부재하다. 충분한 설명의 문서 부재는 모형의 결과값의 의미 해석에 있어서 제한을 가져온다. 세부적인 사항들을 포함하고 있는 사용설명서를 빠른 시일 내에 교정, 출판할 수 있기를 제안한다.

최대저해인자법을 기후재배적지 값과 토양재배적지 값을 대상으로 적용하게 되었을 때, 사과와 배, 두 모든 과실에서 토양의 재배적지 분포와 거의 비슷한 결과값을 나타내었다. 이것은 기후의 재배적지 값에 비해 상대적으로 토양의 재배 적지등급이 전체적으로 낮고 최대저해인자법은 두 등급 중에서 낮은 등급을 대표 값으로 할당하기 때문으로 여겨진다. 또한, 본래의 의미로서의 최대저해안자법은 기후 및 토양에서의 모든 세부인자들 중에서 최대저해인자를 구하는 것인데 본 연구에서는 최대저해인자법을 이용한 기후 재배적지 대표값과 구간점수방법을 이용한 토양 대표값에 대해서 적용한 것이 특이점이라 할 수 있겠다. 그럼으로써 기후와 토양 및 재배적지값 중에 상대적으로 낮은 토양의 값과 통합된 결과값이 상당히 비슷해지는 결과를 나타내었다.

IV. 결 론

이번 연구를 통해 기후 및 토양에 있어서 각각 최대저해인자법 및 구간점수화방법을 이용한 대표 적지값을 다시 최대저해인자법을 적용하여 통합적인 사과와 배의 재배적지 구분도 및 표를 작성하였다. 토양의 구간점수화방법에서 최종 기준값이 모호하여 실제 현지 측정값과의 대비를 통한 교정이 요구되며 최대저해인자법은 재배적지분석에 있어서 효과적인 통합적 방법론이 될 수 있겠으나 하나의 인자의 결과값이 특별히 낮을 때, 그 인자의 결정적 영향이 너무 큼으로써 적지 대표값이 전체적으로 저평가되는 단점을 가지고 있다고 할 수 있겠다. 특별히, 기후 및 토양이라는 주요인자의 대표값에 대해 최대저해인자법으로 적용하였을 때, 하나의 주요인자값(여기서는 토양값)의 영향력이 너무 커지는 단점이 있어 각 항목의 모든 세부인자(Sub-factor)들에 대한 최대저해인자법 적용이 권유될 수 있겠다. 또한, 다음 연구에서는 다수 대안에 대한 다면적 평가 기준을 통한 의사 결정 지원 방법의 하나인 계층분석방법(Analytic Hierarchy Process, AHP) 등의 다양한 방법론을 적용하여 작물재배적지 분석을

하는 것이 제안된다. 결과값의 정확도 측정을 위해서 실제 단위면적당 생산량과의 비교분석 연구가 추가적으로 요구된다. 이 연구를 통해서, 현재 사과 및 배 경작지를 제외하고 현재 재배되고 있지 있지만 재배적지 가능지역으로 구분된 지역에 대해서 각 해당 작목(사과 혹은 배)의 재배를 제안할 수 있겠으며, 사과 및 배의 재배를 계획하고 있는 이들에게 그러한 적지 정보는 유용성이 있을 것으로 사료된다.

적 요

사과 및 배의 재배적지 구분을 토양환경정보시스템을 통한 토양조건에 의한 재배적지값과 국립원예특작과학원에서 제작한 미래 상세 전자기후도 제공 시스템을 통한 기후조건에 의한 재배적지값을 최대저해인자법을 이용하여 통합된 적지 구분을 하였다. 사과 및 배 모두에서 통합된 적지구분은 토양의 적지 구분의 패턴과 상당히 유사하였다. 기후조건에 의거한 구분도에 비해서 토양조건에 의한 구분도가 전체적으로 상대적으로 적지의 등급이 낮은 것이 그 이유로 여겨진다. 토양조건에 있어서 적지등급을 결정하는 최종구간 값들이 상당히 높게 형성되어 있어 전체적으로 등급이 낮게 결정된 것으로 사료되어 최종구간값들의 정확도에 대한 보정이 요구된다. 최대저해인자법은 이렇게 하나의 인자의 값들이 저평가되었을 때, 그 값들이 대표화되어 전체적으로 등급의 영향을 미치는 단점을 가지고 있다고 여겨진다. 세부적 인자에 대한 최대저해인자법의 적용 및 계층분석방법(Analytic Hierarchy Process, AHP) 등의 다양한 방법론과 토양 및 기후의 세부적 요소에 근거한 실제 단위면적 당 생산량 혹은 경제적 수익 등의 실제 현장관측값들과의 보정을 통해 재배적지구분의 정확도 및 정보의 실효성을 높일 수 있을 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 대한민국 농진청 국립농업과학원 연구과제 ‘농업 과학 기술 개발 연구 프로그램(과제번호: PJ01206801)’의 지원에 의한 연구 결과의 일부입니다.

REFERENCES

Banai-Kashani, R., 1989: A new method for site suitability analysis: the analytic hierarchy process. *Environmental management* **13**(6), 685-693.

Brinkman, R., and A. Young, 1976: *A framework for land evaluation*, FAO.

Elsheikh, R., A. R. B. M. Shariff, F. Amiri, N. B. Ahmad, S. K. Balasundram, and M. A. M. Soom, 2013: Agriculture Land Suitability Evaluator (ALSE): A decision and planning support tool for tropical and subtropical crops, *Computers and electronics in agriculture* **93**, 98-110.

FAO, 1983: *Guidelines: land evaluation for rainfed agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Soils Bulletin* **52**. Food and Agriculture Organization, Rome, Italy.

FAO, 2007: *Land Evaluation Towards a Revised Framework. Food and Agriculture Organization of the United Nations*. Food and Agriculture Organization, Rome, Italy.

Hyun, B., S. Jung, Y. Soun, C. Park, Y. Zhang, K. Song, L. Kim, E. Choi, S. Hong, S. Kwon, and B. Jang, 2010: Comparison between methods for suitability classification of wild edible greens. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer* **43**(5), 696-704.

Kim, K. D., K. I. Sung, Y. S. Jung, H. I. Lee, E. J. Kim, J. G. Nejad, M. H. Jo, and Y. C. Lim, 2012: Suitability classes for Italian Ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) using soil and climate digital database in Gangwon Province. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science* **32**(4), 437-446.

KMA, 2009: Domestic climate data, Korea Meteorological of Administration. http://www.kma.go.kr/weather/climate/average_south.jsp

Martin, D., and S. Saha, 2009: Land evaluation by integrating remote sensing and GIS for cropping system analysis in a watershed. *Current Science* **96**(4), 569-575.

RDA, 2013: Digital agro-climate map database for impact assessment of climate change on agriculture. http://www.agdcm.kr/map/search2.do (2016. 4. 18)

RDA, 2010: Korean soil information system. http://soil.rda.go.kr/soil/index.jsp (2016. 5. 4)

Zonneveld, I. S., 1989: The land unit—a fundamental concept in *Landscape Ecology*, and its applications. Landscape ecology **3**(2), 67-86.