

## 주성분 분석을 이용한 야콘의 재배지대 구분

김수정<sup>1\*</sup> · 손황배<sup>1\*</sup> · 홍수영<sup>1</sup> · 남정환<sup>1</sup> · 장동철<sup>1</sup> · 김기덕<sup>1</sup> · 서종택<sup>1</sup> · 구본철<sup>1</sup> · 김윤희<sup>1,†</sup>

## Principal Component Analysis of the Classification of Yacon Cultivation Areas in Korea

Su Jeong Kim<sup>1\*</sup>, Hwang Bae Sohn<sup>1\*</sup>, Su Young Hong<sup>1</sup>, Jung Hwan Nam<sup>1</sup>, Dong Chil Chang<sup>1</sup>, Ki Deog Kim<sup>1</sup>, Jong Taek Suh<sup>1</sup>, Bon Cheol Koo<sup>1</sup>, and Yul Ho Kim<sup>1,†</sup>

**ABSTRACT** To establish cultivation areas for the stable production of yacon, this study investigated the productivity and functional component contents of yacon in eight regions of Korea from 2011 to 2013. The results of principal component analysis using these data were as follows. A survey of 16 agricultural traits and meteorological data in the eight yacon cultivation areas showed that five factors (average temperature, maximum temperature, minimum temperature, frost-free days, and fructooligosaccharide content) were highly significant at the  $p < 0.001$  level. Among the 16 agricultural traits and meteorological data used in the main component analysis of yacon cultivation areas, approximately eight contributed to the first principal component, and approximately four contributed to each of the second and third principal components. In particular, factors related to productivity, fructooligosaccharide content, and temperature change were considered important criteria for the classification of cultivation areas. The cultivation areas were divided into three groups by principal component analysis. In Group I, containing the Jinbu and Bonghwa areas in the mid-highland region at 500–560 m above sea level, the product yield was the highest at 2,622–3,196 kg/10a, the fructooligosaccharide content was also the highest at 9.04–9.62%, and the mean temperature was 17.3–18.5 °C. In Group II, the areas Suncheon, Okcheon, Yeosu, and Gangneung, at 20–180 m above sea level, had the lowest yield, relatively lower fructooligosaccharide content, and the highest temperature. The areas in Group III showed values intermediate between those of Group I and Group II. For the different yacon cultivation areas, the product quantity and fructooligosaccharide content differed according to the environmental temperature, and the temperature conditions and number of frost-free days are considered important indicators for cultivation sites. Therefore, in terms of producing yacon with high quality, cultivation at 500–560 m is considered to give a higher yield and functional fructooligosaccharide content.

**Keywords** : highland, fructooligosaccharide, root crop, *Smallanthus sonchifolius*, tuberous root

**야콘**(*Smallanthus sonchifolius* [Poepp. & Endl.] H. Robinson)은 국화과에 속하며, 원산지에서는 다년생 초본으로 분류되지만 우리나라처럼 초겨울에 동상해가 자주 발생하는 곳에서는 식물체가 고사하기 쉬워 일년생으로 재배된다(Garu & Rea, 1997; Kim *et al.*, 2011).

야콘은 안데스 지역에서 천년이상 재배되어 왔으나(Brako & Zarucchi, 1993), 최근에 야콘의 주기능성물질인 프락토올리고당의 효능이 알려지면서 체코, 독일, 러시아, 이탈리아

및 스페인 등 유럽 국가와 일본, 중국 등 아시아 국가, 뉴질랜드에서도 지역별 적응성이 검토되었다(Bredemann, 1948; Douglas *et al.*, 2002; Fernández *et al.*, 1997; Graefe, 2002; Grau & Rea, 1997, Kim *et al.*, 2011).

아열대로부터 온대지방까지 재배가 가능한 광지역 적응성 식물인 야콘의 생육적온은 18~25°C로 보고되고 있다(Garu & Rea, 1997). 야콘의 수량과 품질은 재배지역 기상환경의 영향이 크며 특히, 정식부터 수확까지의 기온이 중

\*These authors contributed equally to this work.

<sup>1)</sup>농촌진흥청 국립식량과학원 고령지농업연구소 (Highland Agriculture Research Institute, NICS, RDA, Pyeongchang 25342, Korea)

<sup>†</sup>Corresponding author: Yul Ho Kim; (Phone) +82-33-330-1840; (E-mail) kimyuh77@korea.kr

<Received 8 May, 2017; Revised 29 May, 2017; Accepted 8 June, 2017>

요하다고 하였다(Cho & Heo, 1996; Hur *et al.*, 2007). 일 평균기온이 25°C를 넘지 않고 적당한 강우가 있는 지역에서는 여름철에도 덩이뿌리의 비대가 계속 되지만, 여름이 무덥고 강우가 적은 지역에서는 생육이 눈에 띄게 저해된다고 하였다(Kim *et al.*, 2011). 또한 바람이 많은 지역에서도 줄기 쓰러짐으로 인해 수량이 떨어지며(Kim *et al.*, 1990), 서리 피해를 받을 경우에도 품질이 나빠지거나 수량이 감소한다고 보고하였다(Kim *et al.*, 1993, 2011; RDA, 2002). Tsukihashi *et al.* (1989)이 야콘의 재배적응성을 평가한 결과, 여름철 기온이 서늘한 지역에서 재배하였을 때 생육이 왕성하고 수량이 많으며 품질이 우수하다고 하였다.

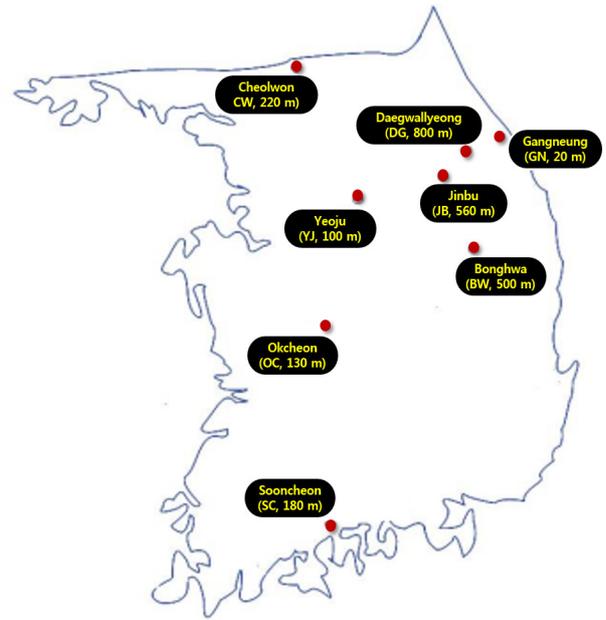
이처럼 야콘의 안정적 생산을 위해 환경조건이 매우 중요한데 우리나라에서 야콘의 재배지대를 구분하는 연구는 미흡한 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 우리나라 주요 야콘 재배지역에서의 생산성과 기능성 성분 함량 변화와 기온 등 재배환경과의 관련성을 검토하고, 이들 자료를 이용하여 주성분 분석을 수행함으로써 야콘의 재배 8지역을 유사한 지대별로 구분하고자 한다. 따라서 본 연구에서 도출된 결과를 야콘의 안정적 생산을 위한 재배지대 설정 및 생산성 유지를 위한 기초자료로 활용하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 실험재료

본 연구는 야콘 주요 재배 8지역에서 야콘 생산성과 품질 및 기능성 성분 변화를 분석하고 기후조건과의 관련성을 검토하고자 2010년부터 2013년까지 4년간 8지역에서 수행하였다. 식물체의 균일성을 유지하고자 야콘묘를 5월 7일~16일에 8지역의 각각의 시험포장에 정식하였으며 10월 10일 8일~30일에 수확하였다. 재식밀도는 100×50 cm로 하였고, 나머지 재배법은 농촌진흥청 야콘 표준재배 방식에 준하여 실시하였다(RDA, 2012). 재배지역은 대관령(강원도 평창군 대관령면, 북위 37°68', 동경 128°73', 해발고도 800 m), 진부(강원도 평창군 진부면, 북위 37°61', 동경 128°55', 560 m), 봉화(강원도 봉화군 춘양면, 북위 37°01', 동경 128°84', 500 m), 철원(강원도 철원군 동송읍, 북위 38°20', 동경 127°21', 220 m), 순천(전라남도 순천시 승주읍, 북위 35°04', 동경 127°38', 180 m), 옥천(충청북도 옥천군 이원면, 북위 36°25', 동경 127°60', 130 m), 여주(경기도 여주군 산북면, 북위 37°40', 동경 127°44', 100 m) 및 강릉(강원도 강릉시 두산동, 북위 37°76', 동경 128°93', 20 m)으로 Fig. 1에 나타내었다.



**Fig. 1.** Eight sites of yacon cultivation in Korea. Sites are indicated by red dots. Abbreviations represent city or county. DG, Daegwallyeong; JB, Jinbu; BH, Bonghwa; CW, Cheolwon; SC, Sooncheon; OC, Okcheon; YJ, Yeosu; and GN, Gangneung.

### 기상환경

기상자료는 시험포장과 농가포장에서 가까운 기상청의 종관기상관측장비(Automated Synoptic Observing System, ASOS)와 자동기상관측장비(Automatic weather system, AWS)를 활용하였다. 야콘 재배기간을 중심으로 2010년부터 2013년까지 5월부터 10월까지 기상청으로부터 기상데이터를 수집하여 활용하였다(KMA, 2014; NCDSS, 2016).

### 생산성 및 품질

야콘의 지대별 생산성 및 품질은 농업과학기술 연구조사 분석기준 야콘편(RDA, 2012)에 따라 평가하였다. 덩이뿌리의 전체 개수와 무게를 측정하여 총수량으로 나타내었고, 100 g 이상 병해가 없는 신선한 덩이뿌리 개수와 무게를 조사하여 상품수량으로 나타내었다. 또한 번식기관인 관아를 뿌리에서 분리하여 개수와 무게를 측정하여 관아 수량으로 나타내었다.

### 유리당 및 프락토올리고당 분석

유리당과 프락토올리고당 분석을 식품공전(KFDA, 2005) 방법에 준하여 분석하였다. 표준물질로 프럭토스, 글루코스, 수크로스, 케스토즈, 니스토즈, 프락토폴란노실니스토즈를 이용하였다. 액체크로마토그래프(Waters 2695 HPLC, Waters

Co., Milford, MA, USA)를 이용해 RI 검출기(Waters 2414 Refractive Index Detector, Waters, Milford, MA, USA)로 당 분석을 수행하였다. 컬럼(Carbohydrate LC-NH<sub>2</sub> Φ4.6x 250 mm 5 μm, Supercosil, Bellefonte, USA) 온도를 30℃로 유지하였고, 이동상으로 아세토니트릴:증류수(70:30, v/v)을 사용하여, 유속을 1.0 mL/min로 하였다.

DNS법을 이용하여 환원당을 정량하였으며(Choi *et al.*, 2008), 표준물질로 글루코스를 사용하여 550 nm에서 분광광도계(U-2000, Hitachi, Japan)로 측정하였다.

**통계분석**

모든 실험은 SAS package를 이용하여 통계분석되었고, Duncan의 다중검정으로 유의성이 검정되었다. 야콘 재배지대 구분을 위해 모든 조사값을 표준화한 후 SAS 9.2 (NC, USA)와 R analysis를 이용하여 주성분 분석(principal component analysis, PCA)과 군집 분석(cluster analysis)을 수행하였다. 본 연구에서는 다른 상관계수의 제곱을 나타내며 군집의 분리 정도에 관한 하나의 지표인 RSQ (Square of Multiple Correlation Coefficient, R<sup>2</sup>)를 군집갯수(Number of Cluster, NCL) 결정의 척도로 이용하였다. 이를 통해 평균거리(average distance)에 기초한 비가중평균결합법(UPGMA)을 이용하여

수지도(dendrogram)로 나타내었다.

**결과 및 고찰**

**야콘 재배지역별 농업적 특성 및 기후조건 비교**

야콘 재배 8지역을 대상으로 야콘의 농업적 형질 및 기상 데이터를 분석하여 Table 1에 나타내었다. 16개의 농업적 형질과 기상데이터 항목에서 11개가 통계적으로 유의한 반면 5개는 통계적으로 유의하지 않았다. 16개 항목 중 평균온도, 최고온도, 최저온도, 무상일수, 프락토올리고당 성분을 포함한 5개 항목이  $p < 0.001$  수준에서 고도로 유의하였으며 총수량, 상품수량, 글루코스, 환원당 성분을 포함한 4개 항목이  $p < 0.01$  수준에서 유의한 것으로 나타났다.

**주성분 분석에 의한 재배지대 구분**

조사된 농업적 형질의 측정 단위가 다르기 때문에 각 조사 형질을 표준화한 후 주성분 분석을 실시하였다. 그 결과 획득한 고유치(eigenvalue)와 각 주성분의 기여도는 Table 2와 같다. 분석에 이용된 16개의 농업적 형질 및 기상자료 중 제 1주성분은 약 8개, 제 2 및 3주성분은 각각 약 4개의 형질을 대표하고 있는 것으로 나타났다. 전체 변량 중 제 1~3

**Table 1.** List of 16 agronomic characteristics, sugar content, and meteorological data and their range of values in eight yacon cultivation regions in Korea.

Part	Parameter	Unit	Mean±SD <sup>y</sup>	Range	F value <sup>x</sup>
Agronomic characteristics	No. of total yield	ea/10a	22,159±4781	12,780 - 29,650	2.36 <sup>NS</sup>
	Wt. of total yield	kg/10a	2,276± 788	1,648 - 4,065	4.32 <sup>**</sup>
	No. of marketable yield	ea/10a	9,274±2434	5,790 - 12,410	3.27 <sup>*</sup>
	Wt. of marketable yield	kg/10a	2,122± 685	1,233 - 3,196	4.35 <sup>**</sup>
	No. of crown bud yield	ea/10a	20,358±4189	12,970 - 25,170	1.27 <sup>NS</sup>
	Wt. of crown bud yield	kg/10a	223± 59	120 - 312	1.47 <sup>NS</sup>
Sugar and fructooligosaccharides content	Fructose	%	0.15±0.03	0.11 - 0.20	2.41 <sup>*</sup>
	Glucose	%	0.23±0.08	0.11 - 0.37	3.18 <sup>**</sup>
	Sucrose	%	0.51±0.09	0.39 - 0.68	2.23 <sup>NS</sup>
	Reducing sugar	%	0.20±0.11	0.07 - 0.37	3.57 <sup>**</sup>
	Fructooligosaccharides	%	8.22±0.93	7.03 - 9.62	9.40 <sup>***</sup>
Meteorological data <sup>z</sup>	Average temperature	℃	19.4±1.99	16.0 - 21.8	45.090 <sup>***</sup>
	Maximum temperature	℃	25.0±1.94	21.1 - 26.8	36.600 <sup>***</sup>
	Minimum temperature	℃	14.6±2.37	11.0 - 17.7	62.320 <sup>***</sup>
	Frost-free days	days	183± 19	149 - 207	11.580 <sup>***</sup>
	Accumulated precipitation	mm	1,107±189	850 - 1,453	1.35 <sup>NS</sup>

<sup>z</sup>Means represent the 2010–2013 climate average for the cultivation period (May to October), including temperature and precipitation. All data values were obtained from the nearest Korea Meteorological Administration Database (website: <http://www.kma.go.kr>).

<sup>y</sup>Average data for 4 years ± standard deviation.

<sup>x</sup>Values for the variables in eight yacon cultivation regions: <sup>NS</sup>non-significant, <sup>\*</sup>Significant at  $p < 0.05$ , <sup>\*\*</sup>Significant at  $p < 0.01$ , or <sup>\*\*\*</sup>Significant at  $p < 0.001$ .

**Table 2.** Eigenvalues and contributions of the first seven principal components using 16 agronomical traits in eight yacon cultivation areas.

Principal component	Eigenvalue	Difference	Contribution (%)	Cumulative contribution (%)
PC 1	7.86365226	4.36176485	49.15	49.15
PC 2	3.50188741	1.04638838	21.89	71.03
PC 3	2.45549903	1.42782603	15.35	86.38
PC 4	1.02767300	0.36227401	6.42	92.80
PC 5	0.66539900	0.36567759	4.16	96.96
PC 6	0.29972141	0.11355354	1.87	98.84
PC 7	0.18616788	0.18616788	1.16	100.00

**Table 3.** Loadings of three principal components among the 16 parameters from eight sites of yacon cultivation regions in Korea.

Part	Parameter	Loading of principal component		
		PC1	PC2	PC3
Agronomic characteristics	No. of total yield	<u>-0.29075<sup>z</sup></u>	0.06096	0.24358
	Wt. of total yield	<u>-0.32792</u>	0.06234	0.19771
	No. of marketable yield	<u>-0.32965</u>	0.00558	0.19071
	Wt. of marketable yield	<u>-0.33223</u>	0.03765	0.15930
	No. of crown bud yield	0.21062	<u>0.41069</u>	-0.11782
	Wt. of crown bud yield	-0.06333	<u>0.48970</u>	-0.03017
Sugar and fructooligosaccharides	Fructose	-0.01121	<u>-0.51211</u>	0.02995
	Glucose	0.05399	<u>-0.44871</u>	0.27482
	Sucrose	-0.15230	0.07055	<u>0.35977</u>
	Reducing sugar	-0.15299	-0.16081	0.30055
	Fructooligosaccharides	<u>-0.27693</u>	0.18472	0.29595
Meteorological data	Average temperature	<u>0.31115</u>	0.07703	0.29276
	Maximum temperature	<u>0.27004</u>	0.16402	0.25516
	Minimum temperature	<u>0.30133</u>	0.05713	0.31374
	Frost-free days	0.23974	0.13341	<u>0.41182</u>
	Accumulated precipitation	0.23010	0.00449	-0.14668

<sup>z</sup>Underlined loading was the trait that had higher correlation with principal component of column.

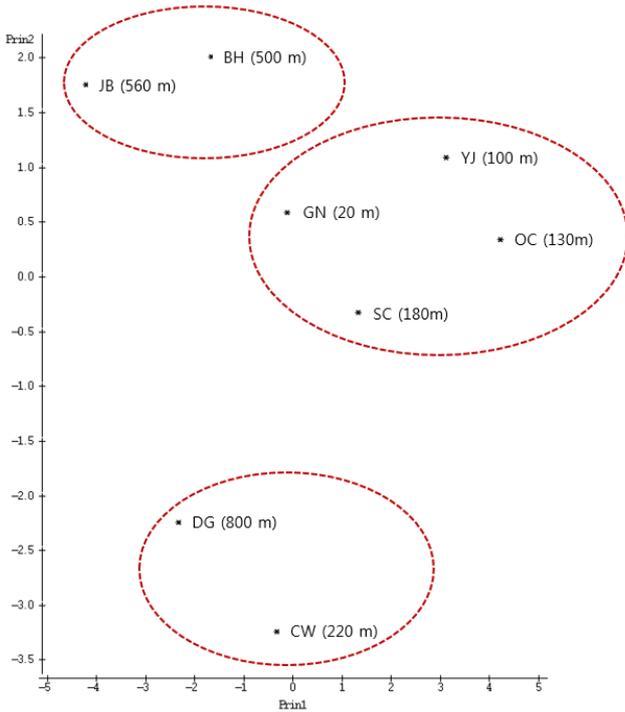
주성분까지의 누적 기여도는 86.4%로서 제 1주성분은 49.2%, 제 2주성분은 21.9%, 제 3주성분은 15.4%를 설명할 수 있었다. 주성분 고유치가 1이상으로 1개 이상의 형질을 함축하는 제 4주성분까지의 누적기여도는 92.8%였다.

야콘의 재배지대별 다양한 환경조건에서 형태적 변이와 성분의 다양성을 식별하기 위하여 주성분 분석을 수행한 결과는 Table 3과 같다. 제 1주성분으로 보면 수량성과 관련된 형질인 상품수량, 총수량과 프락토올리고당이 음(-)의 방향으로 크게 기여하였으며, 기온과 관련된 평균온도, 최고온도, 최저온도는 양(+)의 방향으로 크게 기여하였다. 따라서 야콘 재배지대를 분류하는데 있어서 생산성, 프락토올리고당, 기후변화와 관련된 요인이 중요한 기준이 되는 것으로 판단된다. 제 2주성분을 보면 번식기관인 관아수량, 관아갯수는 양의 방향으로 크게 기여하였으며, 유리당 중 프럭토스, 글루코스는 음의 방향으로 크게 기여하였다. 제

3 주성분을 살펴보면, 수크로스과 무상일수가 양의 방향으로 기여하였다. 이상의 결과 야콘의 농업적 형질 및 기상자료 등이 야콘의 재배지대를 구분하는데 유용하게 활용될 수 있을 것으로 판단되었다.

주성분 분석을 통한 제 1주성분(Prin 1)과 제 2주성분(Prin 2)에서 각 야콘 주요지역은 산점도(scatter plot)으로 작성되었고 3개의 그룹으로 구분되었다(Fig. 2). Group I은 3그룹 중 제일 윗부분에 차지하고 있으며, 제 1주성분값이 음의 영역에서 나타내고 제 2주성분값은 양의 영역에 분포하였다. 이 그룹은 상품수량이 2,622~3,196 kg/10a로 가장 많았고, 프락토올리고당 함량이 9.04~9.62%로 높았고, 평균온도가 17.3~18.5°C로 서늘한 기후 조건을 나타내는 해발 500~560 m의 준고랭지 지역인 진부, 봉화 지역이 여기에 해당되었다.

Group II은 가운데 부분에 차지하고 있었으며, 제 1주성

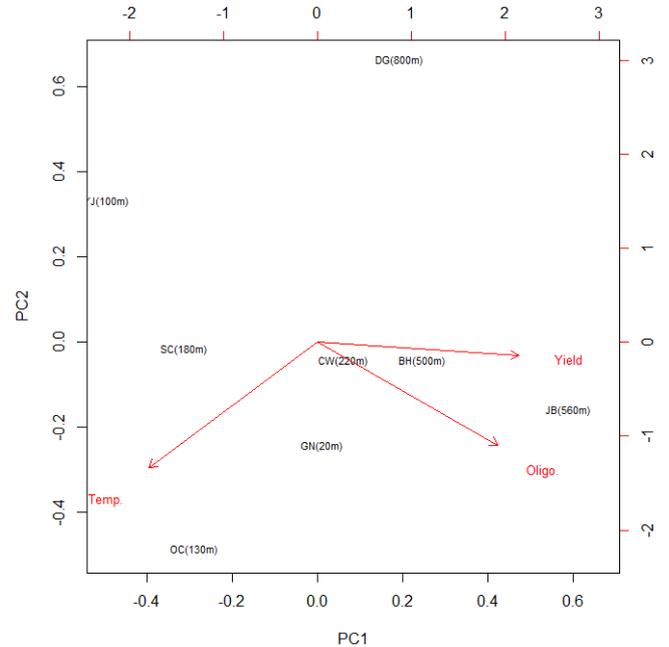


**Fig. 2.** Scatter plot of the results of principal component analysis of eight yacon cultivation regions. DG, Daegwallyeong; JB, Jinbu; BH, Bonghwa; CW, Cheolwon; SC, Sooncheon; OC, Okcheon, YJ, Yeosu; and GN, Gangneung.

분값은 양의 영역에 분포하고 제 2주성분값도 양의 영역에 분포하였으며, 이 그룹은 상품수량이 1,233-2,324 kg/10a로 통계적으로 유의하게 가장 적었고, 프락토올리고당 함량이 7.03~8.75%로 다른 그룹에 비해 통계적으로 유의하게 적었고, 최고온도가 24.6~26.8℃로 가장 높았다. 이 지역은 해발 20~180 m의 평탄지로 순천, 옥천, 여주, 강릉 지역이 이 그룹에 속하였다.

Group III은 제일 아래 부분을 차지하고 있었으며, 제 1주성분값은 음의 영역에 분포하고 제 2주성분값도 음의 영역에 분포하였다. 이 그룹은 2.152~2.622 kg/10a의 상품수량을 나타내었고, 0.11~0.12%의 낮은 환원당 함량을 보였으며, 11.0~14.7℃의 최저온도를 나타내었다. 이 그룹에 속하는 지역은 해발 800 m의 고랭지인 대관령과 해발 220 m인 중북부 내륙 한랭지인 철원이었다.

주성분 분석결과와 기여도가 가장 높은 상품수량, 프락토올리고당 및 평균온도를 대상으로 재배지역과 비교하여 Fig. 3으로 나타내었다. 지역별로 생산성과 프락토올리고당이 높은 지역은 진부(560 m)였고, 그 다음으로 봉화(500 m)였다. 야콘의 환경평가에서 가장 영향을 끼치고 있는 변수는 주성분계수를 봤을 때, 총수량 0.6320865로 가장 크



**Fig. 3.** Dendrogram of grouping based on agricultural traits of eight yacon cultivation regions by cluster analysis using Ward's minimum variance method. DG, Daegwallyeong; JB, Jinbu; BH, Bonghwa; CW, Cheolwon; SC, Sooncheon; OC, Okcheon; YJ, Yeosu; and GN, Gangneung; Yield; Marketable yield, Oigo; Fructooligosacarides Temp. j Average temperature.

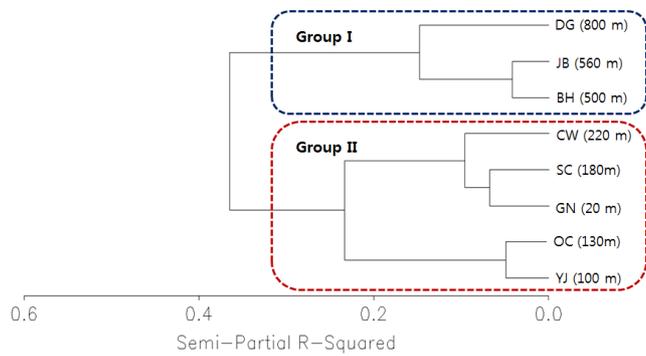
고, 다음으로는 기능성 성분인 프락토올리고당이 0.5658414 두 번째로 큰 요인이었다. 진부(560 m)가 프락토올리고당과 수량의 영향을 받았고, 옥천은 온도에 영향을 많이 받았다.

**군집 분석에 의한 재배지대 구분**

야콘 재배지대 구분을 위해 워드 변이 분석법(Ward's variance method)을 사용하여 군집분석하여 수지도를 작성하여 Fig. 4에 나타내었다. 야콘 주요 재배 8지역은 RSQ (R<sup>2</sup>)을 0.3을 기준으로 할 때 2개의 그룹으로 구분될 수 있었다. 제 1군은 고랭지인 해발 500~560 m 지역인 대관령, 진부, 봉화지역으로 제 2군보다 평균온도, 최고온도, 최저온도가 2~3℃ 낮았으며, 상품수량과 프락토올리고당 함량이 높았다. 제 2군은 평탄지인 해발 20~220 m 지역인 철원, 순천, 강릉, 옥천, 여주 지역으로 무상일수가 제 1군보다 길고, 상품수량과 프락토올리고당 함량이 낮았다.

**야콘 재배적지 설정**

야콘은 광범위한 고도에서 성장하는 광지역 적응성 식물로 생육적온은 어린묘의 경우 20~25℃, 식물체의 경우 18~25℃가 적절한 환경조건이다(Grau & Rea, 1997). 야콘의



**Fig. 4.** Dendrogram of grouping based on agricultural traits of eight yacon cultivation regions by cluster analysis using Ward's minimum variance method. DG, Daegwallyeong; JB, Jinbu; BH, Bonghwa; CW, Cheolwon; SC, Sooncheon; OC, Okcheon; YJ, Yeosu; and GN, Gangneung.

생육환경 특히 지대나 기상조건이 수량과 품질에 영향을 주기 때문에 정식부터 수확까지의 온도가 중요하다(Cho & Heo, 1996; Hur *et al.*, 2007; Kim *et al.*, 1995). 우리나라에서는 장마철이 지나고 일교차가 커지면 야콘의 덩이뿌리가 급속하게 성장하며, 장마 이후 지온이 상승하여 일평균 기온이 25°C를 넘는 더운 여름철에는 생육이 일시적으로 정지한다고 보고하였다(Kim *et al.*, 2011).

수확기에 서리가 내리면 수확은 가능하나 관아나 괴근의 저장성이 떨어질 수 있다. 특히 관아는 내한성이 약해서 사용하지 못할 수도 있다. 냉해는 기온이 10~12°C 이하이고 햇빛이 강할 때 발생할 수 있다(Kim *et al.*, 2011).

야콘은 재배가능지역이 해발고도 10~3,500 m로서 고도 적응이 광범위하다고 보고한 것처럼(Tsukihashi, 1989) 평난지에서부터 고랭지까지 재배가 가능하였지만 고품질의 야콘을 생산할 수 있는 500~600 m 준고랭지가 재배적지로 판단되었다. 평난지에서 야콘을 재배하면 여름 고온기에 새로운 잎의 신장이 나쁘고 성숙한 잎이 시들고 마르는 등의 고온장애가 발생하여 괴근의 비대가 현저하게 저해되어 수확량이 떨어지지만 준고랭지에서는 고온장애가 경미하여 수확량이 많고 열근 현상이 적다고 하였다(Doo *et al.*, 2001; Kim *et al.*, 2011). 이에 따라 재배지역별 기온환경은 야콘의 상품수량 및 프락토올리고당 함량에 영향을 주는 요인으로 판단된다. 따라서, 품질이 우수한 야콘을 생산하기 위해서는 준고랭지인 해발 500~560 m에서 재배하는 것이 수량과 기능성 물질인 프락토올리고당 함량이 높을 것으로 판단된다.

## 적 요

본 연구는 야콘의 안정적 생산을 위한 재배지대 설정을 위해 2011년부터 2013년까지 4년간 8개 지역을 대상으로 생산성과 기능성 성분 함량을 조사하였고, 기상 등 재배환경과의 관련성을 검토하였다. 이들 데이터를 활용하여 주 성분 분석을 수행한 결과는 다음과 같다.

1. 야콘 8재배지역에서 16개의 농업적 형질과 기상데이터를 조사한 결과 재배지대를 구분할 수 있는 기준은  $p < 0.001$  수준에서 평균온도, 최고온도, 최저온도, 무상일수 및 프락토올리고당으로 나타났으며,  $p < 0.01$  수준에서 총수량, 상품수량, 글루코스 및 환원당으로 나타났다.
2. 야콘 재배지대별 주성분 분석에 이용된 16개의 농업적 형질 및 기상자료 중 제 1주성분은 약 8개, 제 2 및 3주성분은 각각 약 4개의 형질을 대표하고 있는 것으로 나타났으며, 특히, 야콘 재배지대를 분류하는데 있어서 생산성, 프락토올리고당, 기후변화와 관련된 요인이 중요한 기준이 되는 것으로 판단되었다.
3. 야콘 재배지대별 주성분 분석한 결과, 3개의 그룹으로 구분되었다. Group I에서는 상품수량이 2,622~3,196 kg/10a로 가장 많았고, 프락토올리고당 함량이 9.04~9.62%로 높았고, 평균온도가 17.3~18.5°C로 서늘한 기후 조건을 나타내는 해발 500~560 m의 준고랭지 지역인 진부, 봉화 지역이었다. Group II에서는 상품수량이 가장 적었고, 프락토올리고당 함량이 비교적 적고, 최고온도가 가장 높은 해발 20~180 m의 평난지인 순천, 옥천, 여주, 강릉 지역이었다. Group III에서는 Group I과 Group II의 중간 값을 나타내었다.
4. 야콘 재배지역에 따라 기온환경에 따라 상품수량 및 프락토올리고당 함량이 차이를 나타내어 재배적지를 판단하는데 온도조건과 무상일수가 중요한 지표로 판단되므로 품질이 우수한 야콘을 생산하기 위해서는 준고랭지인 해발 500~560 m에서 재배하는 것이 수량과 기능성 물질인 프락토올리고당 함량이 높을 것으로 판단된다.

## 사 사

본 연구는 국립식량과학원 고령지농업연구소 “야콘의 생산성 향상 기술 및 식품 소재화 연구(PJ01135401)”사업의 지원을 받아 수행되었습니다.

## 인용문헌(REFERENCES)

- Brako, L. and J. Zarucchi. 1993. Catalogue of the flowering plants and gymnosperms of Peru. Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden. 45: I-XI: p. 1286.
- Bredemann, G. 1948. Über *Polymnia sonchifolia* Poepp. and Endl. (*Polymnia edulis* Wedd.), die Yacon. Erdbirne. Botan. Pecin (About *Polymnia sonchifolia* Poepp. & Endl. *Polymnia edulis* Wedd. the yacon. Bot. Oecon), (Hamburg) 1: 65-85. (In German)
- Cho, D.H. and K. Heo. 1996. Effect of different fertilizer application on the dry matter production and leaf photosynthetic of Yacon. Korean J. Plant Res. 9 : 274-278.
- Choi, H. D. H. C. Lee, S. S. Kim, Y. S. Kim, H. T. Lim, and G. H. Ryu. 2008. Nutrient components and physicochemical properties of new domestic potato cultivars. Korea J. food Sci. Tehnol. 40: 382-388.
- Doo, H. S., J. H. Ryu, K. S. Lee, and S. Y. Choi. 2001. Effect of plant density on growth responses and yield in yacon. Kor. J. of Crop Sci. 46: 407-410.
- Douglas, J. A., J. J. C. Scheffer, I. M. Sims, and C. M. Triggs. 2002. Maximizing fructo-oligosaccharide production in yacon. Proc. Agron. Soc. NZ 32:49-55.
- Fernández, C. E., J. Michl, and H. Lipavska. 1997. Determination of saccharides content in different ecotypes of yacon (*Polymnia sonchifolia*) cultivated under conditions of the Czech Republic. Agricultura Tropica et Subtropica 30: 79-87.
- Graefe, S. 2002. Post-harvest compositional changes of yacon roots (*Smallanthus sonchifolius* Poepp. and Endl.) as affected by storage conditions and cultivar. MS thesis, University of Kassel, Germany p. 63.
- Grau, A. and J. Rea. 1997. Yacon, *Smallanthus sonchifolius* (Poepp. and Endl.) H. Robinson. In: Hermann M. and J. Heller (eds.): Andean roots and tubers: Ahipa, arracacha, maca and yacon. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 21. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research. Gatersieben/ International Plant Genetic Resources Institute. Rome, Italy pp. 199-242.
- Hur, B. K., N. H. Choung, Z. H. Kim, O. J. Oh, S. G. Son, and D. Y. Kang. 2007. Effects of various composts and NPK Fertilizers application to the yacon (*Polymnia sonchifolia*) growth. Korean J. Medicinal Crop Sci. 15: 17-20.
- Kim, J. C., J. T. Suh, and J. D. Kim. 1995. Effect of the transplanting date under different location on fleshy root productivity in yacon (*Polymnia sonchifolia*). The Korean Soc. Int. Agr. 7: 59-64.
- Kim, S. J., H. M. Cho, J. C. Jeong, J. Y. Choi, Y. H. Yoon, and D. C. Chang. 2011. Yacon Story. Dongwoosa.Pyengchang, Korea. pp. 10-50 (in Korean).
- Korea Food & Drug Administration (KFDA). 2005. Food Standard Code. Korea Food & Drug Administration Seoul, Korea. pp. 367-385 (in Korean).
- Korea Meteorologica Administration. 2014. www.kma.go.kr (in Korea)
- National Climate Data Service System (NCDSS). 2016: <http://sts.kma.go.kr>. (in Korean)
- Rural Development Administration (RDA). 2002. New Plant Resources. Standard Farming Handbook-122 Yacon. Rural Development Administration. pp. 217-241.
- Rural Development Administration (RDA). 2012. Guidelines for the conduct of test for agricultural science and technology (yacon). Rural Development Administration pp. 150-156 (in Korean).
- Tsukihashi, T., T. Yoshida, M. Miyamoto, and N. Suzuki. 1989. Studies on the cultivation of yacon. I. Influence of different planting densities on the tuber yield. Japan J. Farm Work Res. 24: 32-38.