

한국산 *Isodon inflexus* complex의 주성분분석

김상태* · 마윤주

성신여자대학교 생명과학화학부, 기초과학연구소

(2013년 4월 26일 접수; 2013년 6월 15일 수정; 2013년 6월 21일 채택)

Morphological Multivariate Analyses of the *Isodon inflexus* Complex (Lamiaceae) in Korea

Sangtae Kim* and Younju Ma

School of Biological Sciences and Chemistry, and Basic Science Institute,
Sungshin Women's University, Seoul 142-732, Korea

(Received 26 April 2013; Revised 15 June 2013; Accepted 21 June 2013)

Abstract

The taxonomy of the *Isodon excisus* complex, which comprises *I. inflexus* var. *inflexus*, var. *transiticus*, var. *macrophyllus*, var. *microphyllus*, and var. *canescens*, has been ambiguous and problematic because their morphological characters are variable. To elucidate the taxonomic structure of the *I. inflexus* complex in Korea, 42 characters were measured from 70 OTUs representing the *I. inflexus* complex and were analyzed by a principle component analysis (PCA). The principle component axes 1, 2, and 3 (PC1, PC2, and PC3) represents 55.7% of the total variance. The characters showing high loading values for PC1, which have of absolute loading values higher than 0.7, were characters related to the leaf base and leaf teeth and the length of corolla tube. The length of the broadest part to the apex in the leaf, the density of non-glandular hairs on the lower surface of the leaf, and the length and width of the calyx were highly related to PC2 with the absolute loading values higher than 0.7. PC3 does not have any characters which have absolute loading values higher than 0.5. Three-dimensional scatter plots of the OTUs for the PC1, PC2, and PC3 axes showed that there are three taxa in the complex. Each area of *I. inflexus* var. *inflexus*, var. *transiticus*, and var. *macrophyllus* was completely overlapped, demonstrating that this taxon is *I. inflexus* var. *inflexus*. Areas for var. *microphyllus* and var. *canescens* were separated from that of var. *inflexus* in both cases. Therefore, we recognized three varieties, which are *I. inflexus* var. *inflexus*, var. *microphyllus* and var. *canescens* in the *I. inflexus* complex in Korea. This result also indicates that *I. inflexus* var. *inflexus* has a wide range of morphological variation. The recognition of var. *microphyllus* and var. *canescens* is also supported by the result of recent SEM studies of the fruit surfaces of Korean *Isodon*.

Keywords: *Isodon inflexus* complex, PCA, multivariate analysis, Lamiaceae, *Isodon*

1. 서 론

꿀풀과는 전 세계 약 6,800종 정도가 분포한다고 알려져 있는데(Mabberley, 1987; Judd *et al.*, 2008), Harley 등 (2004)에 의한 최근 분류체계는 subfam. Symphorematoideae, subfam. Viticoideae, subfam. Aju-goideae, subfam. Prostantheroideae, subfam. Scutel-larioideae, subfam. Lamiodeae, subfam. Nepetoideae

의 일곱개 아과로 나누고 있다. 꿀풀과에 속하는 *Isodon*(Scard. ex Benth.) Spach(산박하속)는 이들 중 subfam. Nepetoideae에 속하고 있다. 꿀풀과 내의 한 속인 *Isodon*은 전세계적으로 약 100종이 알려져 있고, 대부분의 종이 열대와 아열대 아시아에 분포하고, 일부 종들이 아프리카에 분포한다(Mabberley, 1987; Li, 1988; Maki *et al.*, 2010; Zhong *et al.*, 2010). *Isodon* 속의 한계에 대해서는 여전히 많은 이견이 있지만, 비교적 최근의 이 속에 대한 분류학적 재고찰에 있어서는 근연 속들인 *Siphocranion* Kudo,

*Corresponding Author: Tel: +82-2-920-7699
e-mail: amborella@sungshin.ac.kr

Skapanthus C. Y. Wu & H. W. Li, *Plectranthus* L'Hér.와 수술과 화피의 이합 정도, 꽃잎들과 꽃받침들의 동합 정도 등의 형질에 의해 명확히 구분되고 있다(Li, 1988). *Isodon*의 꽃에서 화사는 화통의 안쪽 거의 기부에서 부착되어 있는 반면, *Siphocranion*에서는 화통 입구까지 이합한다. *Plectranthus*는 2열로 나뉘는 꽃받침을 갖는 반면, *Isodon*은 거의 비슷한 크기이거나 약간 다른 다섯 열로 나뉜 꽃받침을 갖는다. *Skapanthus*는 특징적으로 축으로부터 바깥쪽의 두 개의 수술에서 수술대의 기부가 비후되어있는 것이 *Isodon*과 다르다. 그러나 이러한 구분에도 불구하고 여전히 몇몇 조분학자(lumper)들은 이들 네 속을 모두 *Plectranthus* 하나의 속으로 취급하기도 한다(Li, 1988).

최근 한국의 식물상에 대한 문헌조사에서는 (Korea National Arboretum, 2007) *Isodon*에 속하는 분류군으로 *I. excisus*(Maxim.) Kudo(오리방풀), *I. excisus* var. *chiisanensis*(Nakai) Lee(등근오리방풀), *I. excisus* var. *coreanus*(Nakai) Lee(지리오리방풀), *I. excisus* for. *albiflorus*(Sakata) Hara(흰오리방풀), *I. inflexus*(Thunb.) Kudo(산박하), *I. inflexus* var. *macrophyllus*(Maxim.) Kudo(깨나물), *I. inflexus* var. *transiticus*(Matsum. et Kudo) Kudo(긴잎산박하), *I. inflexus* var. *microphyllus*(Nakai) Kudo(영도산박하), *I. inflexus* var. *canescens*(Nakai) Kudo(털산박하), *I. japonicas*(Burmenn) Hara(방아풀), and *I. serra*(Maxim.) Kudo(자주방아풀)의 4종 6변종 1품종을 인식하고 있다. 그러나 비슷한 시기에 정리된 The Genera of Vascular Plant of Korea (Suh et al., 2007)에서는 *I. excisus*, *I. inflexus*, *I. japonicas*, *I. serra*의 네 종만을 인식하고 있다.

한국에 분포하는 분류군들 중 *I. inflexus*와 연관되어있는 종들은 최초로 Thunberg에 의해 *Ocymum inflexum* Thunb.(1784)이 발표된 이래 *Plectranthus inflexus* var. *macrophyllum* Maxim.(1875), *Plectranthus inflexus* var. *transiticus* Matsumura & Kudo(1912), *P. inflexus* var. *microphyllus* Nakai(1921), *P. inflexus* var. *canescens* Nakai(1921)이 발표되었다. 이후 Kudo(1929)는 이들 분류군들을 모두 *I. inflexus*의 변종으로 취급하였다. 그러나 Nakai(1934)와 Chung(1957)은 *Amethystanthus*의 변종들로, Lee, W(1996)은 *Plectranthus*의 변종들로, Hara(1972)와 Lee, Y(1996)는 *Rabdosis*의 변종들로 인식하였고, Lee(1985)와 국가표준식물목록(Korea National Arboretum and the Plant Taxonomic

Society of Korea, 2007)에서는 Kudo(1921)의 견해와 동일한 *Isodon*의 변종들로 취급한 바 있어 같은 분류군들에 대한 속의 인식에 대한 이견이 존재한다. 하지만 최근 한국에 분포하는 본 분류군들에 대한 분류학적 고찰에서는(Ma, 2011), *Isodon*에 대한 기재를 바탕으로 본 분류군들이 *Isodon*에 속해야 함을 제시한 바 있다. 본 연구에서 다루는 분류군들에 대한 속명은 Ma(2011)의 견해에 따랐다.

본 연구에서는 형질의 연속성으로 학자들 간에 많은 혼란이 있어온 *I. inflexus*의 종내 변이들을 *I. inflexus* complex로 인식하고, 이들을 대변할 수 있는 표본들을 선별하여 정량적인 형질들을 조사하였다. 이를 이용하여 주성분분석(principal components analysis; PCA)을 실시하여 *I. inflexus* complex내의 분류학적 구조를 검토하고자 하였다.

재료 및 방법

본 연구에 사용된 재료는 본인이 직접 채집한 표본들과 성신여자대학교 표본관(SWU)의 소장 표본을 중심으로 국립생물자원관표본관(NIBR), 국립수목원표본관(KH), 성균관대학교표본관(SKK), 서울대학교표본관(SNU), 서울대학교농업생명 과학대학수목원표본관(SNUA), 고려대학교표본관(KSU), 강원대학교표본관(KWNU), 충북대학교 표본관(CBU), 일본동경대학교 표본관(TI)으로부터 대역한 석엽표본 및 기준표본 슬라이드사진 약 250점을 포함하였다. 외부형태학적인 형질의 연속성으로 분류군 구분에 여러 학자들 간에 이견을 보이는 *I. inflexus* complex의 종내 분류군들에 대하여 주성분분석을 실시하였다. *I. inflexus* complex에 관련된 분류군인 *I. inflexus* var. *inflexus*, *I. inflexus* var. *canescens*, *I. inflexus* var. *macrophyllus*, *I. inflexus* var. *microphyllus*, *I. inflexus* var. *transiticus*에 대하여 이들 분류군들을 대변할 수 있는 70개의 Operational Taxonomic Unit(OTU)을 선정하고(appendix), 이들을 구분할 수 있는 주요형질인 잎의 길이와 너비, 표면의 선모와 비선모의 밀도, 꽃잎과 꽃받침 열편의 길이와 너비, 선모와 비선모의 밀도 등을 포함한 42개 양적 형질을 측정하였다(표 1; 그림 1). 각각의 OTU들은 관찰한 전체 표본들 중 지역적 다양성을 고려하여 선별하였고, 또한 꽃을 포함하는 충분히 성숙된 개체만을 선택하였다.

주성분분석은 NTSYS(ver. 1.70; Applied Biostatistics

Table 1. Morphological characters of *I. inflexus* complex used for principal component analysis.

Quantitative characters [unit]
<u>Vegetative characters</u>
1. Length of the leaf [mm]*
2. Length of the petiole [mm]*
3. Length of the leaf blade [mm]*
4. Width of the leaf blade [mm]*
5. Length between the broadest part of the leaf and the apex [mm]*
6. 3 / 4
7. Density of glandular hair on the upper surface of the leaf [no./ 1mm ²]*#
8. Density of glandular hair on the lower surface of the leaf [no./ 1mm ²]*#
9. Density of hair (not glandular) on upper surface of the leaf [no./ 1mm ²]*#
10. Density of hair (not glandular) on lower surface the leaf [no./ 1mm ²]*#
11. Length of the apical tooth [mm]*
12. Width of the apical tooth [mm]*
13. Length between apexes of two first teeth [mm]*
14. Length of the leaf base [mm]*
15. Width of the leaf base [mm]*
16. 3 / 2
17. 3 / 14
18. 3 / 5
19. 14 / 15 (shape of leaf base)
20. Angle of the leaf apex [°]*
21. Angle between apexes of two first teeth [°]*
22. Angle of the leaf base [°]*
23. Angle between two widest points the leaf base [°]*
24. Angle between two widest points the leaf [°]*
25. Number of teeth (one half) [no.]*
26. Length of the teeth [mm]*
27. Height of the teeth [mm]*
28. Length of the tooth base to the tooth apex [mm]*
29. 28 / 26
30. 28 / 27
31. Angle of the teeth apex [°]*
<u>Reproductive characters</u>
32. Length of the pedicle [mm]
33. Length of peduncle [mm]
34. Density of hairs (not glandular) on the outer surface of the corolla [no./ 0.25 mm ²]
35. Density of glandular hairs on the outer surface of the corolla [no./ 0.25 mm ²]
36. Length of the calyx [mm]
37. Width of the calyx [mm]
38. Density of hairs (not glandular) on the outer surface of the calyx [no./ 0.25 mm ²]
39. Density of glandular hairs on the outer surface of the calyx [no./ 0.25 mm ²]
40. Length of the corolla [mm]
41. Length of the corolla tube [mm]
42. Length of the largest stamen [mm]

*the largest leaf in each specimen

#a middle part between two longest secondary veins in the largest leaf

Inc., USA; Rohlf, 1992)에 의해 수행되었는데, 원자료를 표준화(standardization)를 위하여 STAND commend

를, 유사도 행렬(similarity matrix)을 구하기 위해서는 CORR option을 이용한 SIMINT commend를 사용하

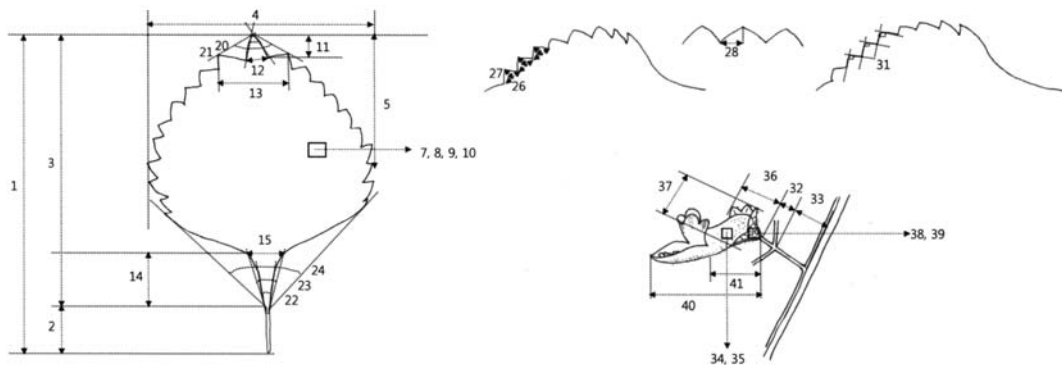


Figure 1. Representation of characters used for the principal component analysis of *I. inflexus* complex.

였고, CAV와 PROJ commend를 이용하여 canonical vector를 생성하였다. 형질들 간의 차원축소를 통해 생성된 PC1(Principle Component Axis 1), PC2, PC3 축에 대하여 각 OTU들의 plotting을 통해 *I. inflexus* complex 내 OTU집단 간의 구분성을 확인하였으며, 각각의 OTU집단을 구분할 수 있는 주성분 축들과 이들 축에 많이 기여하는 형질들을 파악하였다. 이들 분석 OTU들의 3차원 plotting은 SAS(ver. 9.1; SAS Institute Inc., USA)를 이용하였다.

3. 결 과

I. inflexus complex에 속하는 70개의 각각 다른 집단에서 성숙한 한 개씩의 표본을 OTU로 설정하고, 이들에 대해 42개의 형질을 측정하여 주성분 분석을 실시한 결과, 도출된 3개의 주성분 PC1, PC2, PC3는 전체분산의 55.7%를 설명해주었다. 얻어진 각 주성분에 대한 주성분 적재 값은 표 2에 나타내었다. PC1은 전체분산의 26.9%를 설명하고 있었는데, 적재 절대값이 0.7 이상인 형질들은 엽저의 상태 (C14에 대한 C15의 비율), 엽저 관련된 형질(C26~C30), 화통의 길이였다. PC2는 잎의 너비가 가장 넓은 곳에서부터 정단까지의 길이(C5), 잎 표면의 비선모의 밀도(C9), 꽃받침의 길이와 너비(C36, C37)가 0.7이상의 적재 절대값을 나타내었다. PC3는 전체분산의 7.9%를 설명하였는데, 0.5이상의 주성분 적재 값을 갖는 형질은 없었다(표 2). 이들 3개 주성분 축에 대한 각 OTU의 주성분 값에 따른 위치를 3차원 공간에 배열한 결과(그림 2), *I. inflexus* complex는 세 개의 분류군으로 구분되었다. 이들 중 하나는 PCA 분석 전 *I. inflexus* var. *inflexus*, var. *macrophyllus*, var. *transiticus*

로 동정되었던 OTU들로 이들은 서로 그 영역이 서로 중첩되었다. 따라서 본 PCA결과는 이들 세 분류군은 하나의 분류군으로 인식되어야 함을 뒷받침하고 있다. PCA분석에 의한 OTU들의 3차원 공간배열 결과 구분되는 나머지 두 분류군들은 각각 *I. inflexus* var. *canescens*와 var. *microphyllus*에 해당하였다.

4. 고 찰

I. inflexus var. *macrophyllus*는 원변종인 *I. inflexus* var. *inflexus*에 비하여 잎의 크기가 큰 종으로(Kudo, 1929), 그리고 *I. inflexus* var. *transiticus* 역시 잎의 길이가 긴 변종으로(Kudo, 1929) 인식되었다. 그러나 본 연구에서의 PCA분석 결과는 이들 형질들이 *I. inflexus* var. *inflexus*와 연속적임이 밝혀져서 이들 두 분류군은 가장 먼저 발표된 원변종인 *I. inflexus* var. *inflexus*와 동일한 분류군으로 인식해야 함을 뒷받침하고 있다. 본 연구 도중 *I. inflexus* var. *inflexus*에 해당하는 분류군들 중 엽두의 형태가 매우 드물게 *I. excisus*(Maxim.) Kudo(오리방풀)와 비슷한 꼬리모양인 개체가 관찰되었으나, 이들 두 분류군은 Ma (2011)에 의한 검색표에 따라 엽형과 꽃의 크기로 식별 가능하였다. Lee, Y(1996)는 *R. inflexa* for. *albiflora* Y. Lee(흰산박하)를 새로운 품종으로 발표한 바 있지만, 기준표본을 제시하지 않아 국제식물명명규약(Vienna Code, 2005)에 의해 이는 비합법명이었고, 본 연구에서는 *I. inflexus* complex에 해당하는 흰색 품종표본을 확보하지 못하여 *R. inflexa* for. *albiflora*는 연구에 포함시키지 않았다.

본 연구에서 *I. inflexus* complex내의 독립된 분류군으로 인식된 *I. inflexus* var. *canescens*는 외부형태

Table 2. Loadings of the 42 morphological characters for the three principal component axes from the analysis of 70 individuals of the *I. inflexus* complex in Korea.

Characters	PC 1	PC 2	PC 3
C1	-0.60878	0.69994	0.08064
C2	-0.60877	0.26893	0.27542
C3	-0.51154	0.69967	-0.01006
C4	-0.5750	0.63626	-0.18319
C5	-0.51891	0.71602*	-0.15566
C6	-0.68037	-0.56045	0.29917
C7	0.37075	-0.44492	-0.12876
C8	0.10292	-0.27601	-0.22004
C9	0.23333	-0.73707*	0.12764
C10	0.36292	-0.57298	0.04497
C11	-0.18963	0.32923	-0.36170
C12	-0.56166	0.19388	-0.43262
C13	-0.56181	0.30992	-0.55925
C14	-0.52784	0.5442	0.06209
C15	-0.52110	0.33423	-0.20713
C16	0.10077	-0.05352	-0.30191
C17	-0.16692	-0.62345	0.00637
C18	-0.6785	-0.57903	0.28820
C19	-0.70209*	-0.37177	0.34413
C20	0.45347	-0.51485	-0.05566
C21	0.27208	-0.40783	-0.3114
C22	0.44004	-0.48417	-0.41995
C23	0.52933	-0.47307	-0.36857
C24	0.24272	-0.40228	-0.47677
C25	0.12536	0.10382	0.29917
C26	-0.8431*	0.16184	-0.22402
C27	-0.9083*	-0.13483	-0.04663
C28	-0.88719*	-0.23499	0.09864
C29	-0.75242*	-0.55832	0.26009
C30	-0.72368*	-0.56276	0.27239
C31	0.30395	-0.15743	0.00561
C32	-0.66346	-0.52672	0.06202
C33	0.24388	-0.21095	-0.02624
C34	0.34127	0.01535	0.45843
C35	0.06251	0.16277	0.45573
C36	-0.58027	-0.74893*	0.04365
C37	-0.58048	-0.72532*	-0.06227
C38	0.28332	-0.02657	0.31011
C39	0.36159	0.04284	0.23707
C40	-0.30052	-0.46416	-0.47767
C41	-0.72862*	-0.48549	-0.1826
C42	-0.47986	-0.37452	-0.4963
Eigenvalue	11.29787	8.78866	3.30465
% of variance	26.9%	20.9%	7.9%
Commulative % of variance	26.9%	47.8%	55.7%

*absolute values higher than 0.7

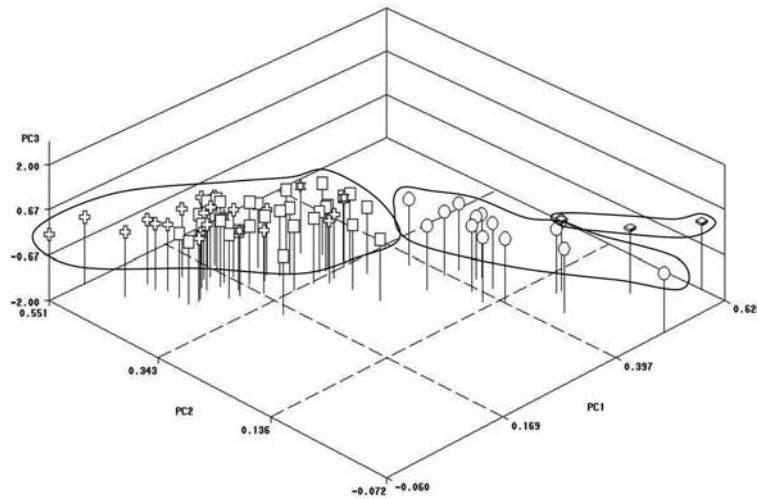


Figure 2. Three dimensional scatter plotting of OTUs representing *I. inflexus* complex. Squares, *I. inflexus* var. *inflexus*; balloons, *I. inflexus* var. *canescens*; cubes, *I. inflexus* var. *microphyllus*; crosses, *I. inflexus* var. *macrophyllus*; stars, *I. inflexus* var. *transiticus*.

학적으로 화관의 형태, 화서의 형태에서는 *I. inflexus* var. *inflexus*와 변이 폭이 중첩되지만(Ma, 2011), 본 연구에서도 확인된 바와 같이 엽형이 뚜렷한 삼각상 난형이고 줄기 전체와 잎의 표면에 많은 비선모들이 분포한다는 점이 *I. inflexus* var. *inflexus*와는 구분된다. 본 연구에서 *I. inflexus* var. *microphyllus* 또한 외부형태학적으로 complex내의 다른 분류군들과 확연히 구분됨을 보여주고 있는데, 주사전자현미경에 의한 과피 표면의 연구에서도 비선모가 과실 전체에 분포한다는 점이 한국산 *Isodon*에 속하는 다른 분류군들과 확연히 구분됨을 보여주고 있다(Ma, 2011). 그러나 한국산 *Isodon*에 속하는 다른 모든 분류군과 확연히 구분되는 형질들이 다수 발견된다는 점은 이 분류군이 독립된 종으로서의 위치를 지지해주고 있지만 본 연구에 있어서 포함된 표본은 3점에 불과해 앞으로 더 많은 표본을 추가한 연구에 의한 검토가 요구되고 있다.

5. 적 요

Isodon inflexus complex는 *I. inflexus* var. *inflexus*, var. *transiticus*, var. *macrophyllus*, var. *microphyllus*, var. *canescens* 등으로 동정되어 왔던 분류군을 말하며, complex 내의 분류군 들은 형질의 연속적인 변이로 인하여 분류군 간의 구분이 어려워 많은 분류학적

문제점을 내포하고 있다. 한국산 *Isodon inflexus* complex의 분류학적 구조를 밝히고자 각각 다른 지역에서 선별된 성숙한 개체로 이루어진 70개의 OUT에 대하여 42개의 양적 형질을 선택하여 측정한 후 주성분분석을 실시하였다. 분석 결과 주성분축 1, 2, 3(PC1, PC2, PC3)은 전체 변이의 55.7%를 설명하였다. PC1에 적재 절대값이 0.7이상의 많은 기여를 하는 형질은 엽저의 모양과 거치의 모양에 관계되는 형질들과 화통의 길이였다. 잎의 가장 넓은 부위에서 정단까지의 길이, 잎 뒷면의 비선모의 밀도, 꽃받침의 길이와 넓이는 적재 절대값이 0.7이상으로 PC2에 많이 기여하는 형질이었다. PC3에서는 높은 적재 절대값을 갖는(0.5 이상) 형질이 없었다. PC1, PC2, PC3 세 축이 이루는 공간 상에 OTU들을 배열한 결과 complex 내에 기존에 보고된 세 변종인 var. *inflexus*, var. *transiticus*, var. *macrophyllus*는 서로의 분포역이 겹쳤고, var. *microphyllus*와 var. *canescens*는 각각 고유의 영역을 갖고 있어 다른 분류군들과 구별되었다. 이로서 본 연구는 한국에 분포하는 *I. inflexus* complex 내에는 세 분류군 즉 var. *macrophyllus*, var. *transiticus*와 비교적 큰 변이 폭을 갖는 var. *inflexus*가 존재함을 보여주었다. *I. inflexus* var. *microphyllus*와 var. *canescens*를 독립적인 분류군으로 인식한 것은 최근 이들 분류군에 대한 과피 표면의 형질 연구 결과와도 일치하였다.

감사의 글

본 논문은 2011년도 성신여자대학교 학술연구조성비 지원에 의하여 연구되었음을 밝힙니다.

참고문헌

- Chung, T. H. 1957. Korean Flora. Kyoyouksa, Seoul.
- Halrey, R. M., Atkins, S., Budantsev, A. L., Cantino, P. D., Conn, B. J., Grayer, R., Harley, M. M., De Kok, R., Krestovskaja, T., Morales, R., Paton, A., Ryding, O., and Upson T. 2004. Labiatae. In: Kadereit, J. W. (ed.), The Families and Genera of Vascular Plant, Vol. VII. - Flowering Plants: Dicotyledons (Lamiales Except Acanthaceae Including Avicenniaceae). Springer Verlag, Berlin and Heidelberg.
- Hara, H. 1972. On the asiatic species of the genus *Rabdosia* (Labiatae). J. Jap. Bot. 47: 193-203.
- Judd, W. S., Campbell, C. S., Kellogg, E. A., Stevens, P. F., and Donoghue, M. J. 2008. Plant Systematics: A phylogenetic Approach. 3rd ed. Sinauer Associates, Sunderland.
- Korea National Arboretum and the Plant Taxonomic Society of Korea. 2007. A Synonymic List of Vascular Plants in Korea. Korea National Arboretum, Pocheon.
- Kudo, Y. 1929. Memories of the Faculty of Science and Agriculture. Vol II. No. 2. Taihoku Imperial University, Formosa.
- Lee, T. B. 1985. Illustrated Flora of Korea. Hyangmunsa, Seoul.
- Lee, W. C. 1996. Standard Illustrations of Korean Plants. Academy Publ., Seoul.
- Lee, Y. N. 1996. Flora of Korea. Kyohaksa, Seoul.
- Li, H. 1988. Taxonomic review of *Isodon* (Labiatae). J. Arnold Arbor 69: 289-395.
- Ma, Y. 2011. Taxonomic study of *Isodon* (Schrader ex Benth.) Spach (Lamiaceae) in Korea. Master's thesis, Sungshin Women's University.
- Mabberley, D. J. 1987. The Plant-Book: A Portable Dictionary of the Higher Plants. Cambridge University Press, New York.
- Maki, M., Yamashiro, T., Dohzono, I., and Suzuki, K. 2010. Molecular phylogeny of *Isodon* (Lamiaceae) in Japan using chloroplast DNA sequences: recent rapid radiations or ancient introgressive hybridization? Pl. Spec. Biol. 25: 240-248.
- Matsumura, J. and Kudo Y. 1912. Index specierum varietatum formarumque Labiatarum Japonicarum. Bot. Mag. (Tokyo). 26: 302.
- Maximowicz, C. J. 1875. Mélanges Biologiques Tirés du Bulletin Physico-Mathématique de l'Académie Impériale des Sciences de St.-Petersbourg. St. Petersburg, Leipzig.
- Nakai, T. 1921. Labiatae coreanae. Bot. Mag. (Tokyo). 35: 191-205.
- Nakai, T. 1934. Notulae ad plantas Japoniae & Koreae. Bot. Mag. (Tokyo). 48: 785-792.
- Rohlf, F. J. 1992. NTSYS-PC. Ver. 1.70. Exeter software, New York.
- Suh, Y., Hong, S., and Park, S. 2007. The Genera of Vascular Plants of Korea. Academy, Seoul.
- Thunberg, C. T. 1784. Flora Japonica. Lipsiae.
- Zhong, J.-S., Li, J., Li, L., Conran, J. G., and Li, H. 2010. Phylogeny of *Isodon* (Schrader ex Benth.) Spach (Lamiaceae) and related genera inferred from nuclear ribosomal ITS, *trnL-trnF* region, and *rps16* intron sequences and morphology. Syst. Bot. 35: 207-219.

Appendix. List of samples used for the PCA analysis

Busan: Mt. Hwangnyeong Yeonje-gu, Oct. 1 1990, *J. Kim s. n.* (SNU). **Chungcheongbuk-do:** Mt. Cheontae Yeongdong-gun, Aug. 13 2006, *H.-J. Choi et al. CHJ60263* (KH); Mt. Jakseong Geumseong-myeon Jecheon-si, Aug. 14 2006, *G.-H. Nam et al. s. n.* (KH) three sheets; Mt. Worak Hansu-myeon Jecheon-si, Aug. 23 2010, *Y. Ma 2010085* (SWU). **Chungcheongnam-do:** Mt. Oseo Cheongna-myeon Boryeong-si, Oct. 2 1997, *K. Seo 98* (SNU); Mt. Taejo Dongnam-gu Cheonan-si, Sep. 16 1988, *M. Kim s. n.* (SNU) two sheets. **Gangwon-do:** Gangchonri Namsan-myeon Chuncheon Si, Sep. 6 1981, *S. Choi s. n.* (SWU); Goeun-ri Dongnae-myeon Chuncheon-si, Oct. 13 1981, *S. Choi s. n.* (SWU); Eungbong Jiam-ri Sabuk-myeon Chuncheon-si, Sep. 20 2007, *S.-S. Kim et al. Kss0382* (KH); Eungbong Jiam-ri Sabuk-myeon Chuncheon-si, Sep. 20 2007, *S.-S. Kim et al. Kss0377* (KH). **Gyeonggi-do:** Mt. Hwaya Cheongpyeong-myeon Gapyeong-gun, Sep. 15 1996, *S. Kim s. n.* (SNU); Mt. Cheonma Onam-ri Onam-eup Namyangju-si, Oct. 6 2008, *H.-T. Kim s. n.* (KSU); Mt. Kalbong Seungan-ri Gapyeong-eup Gapyeong-gun, Sep. 29 2006, *H.-T. Kim et al. s. n.* (KSU); Mt. Cheonma Onam-ri Onam-eup Namyangju-si, Aug. 23 1999, *Y. Lee et al. s. n.* (KH); Mt. Wangbang Sineup-dong Pocheon-si, Sep. 20 1997, *Y. Jeong 279* (SNU); Mt. Jugeum Sangdong-ri Sang-myeon Gapyeong-gun, Sep. 4 1984, *J. Kim s. n.* (SNU); Gwngneung Bupyeong-ri Jinjeop-eup Namyangju-si, Sep. 27 1975, *Y. Jung s. n.* (SWU); Mt. Cheonma Hwado-eup Namyangju-si, Sep. 16 2010, *Y. Ma 2010077, 2010074, 2010075, 2010073, 2010066* (SWU); Mt. Sigung Yongin-si, Sep. 15 2001, *Y. Kim et al. 20144* (NIBR); Mt. Myeongseong Pocheon-si, Aug. 16 1989, *J. Kim s. n.* (SNU); Mt. Wangbang Sinbuk-myeon Pocheon-si, Sep. 7 1997, *M. Yoo 248* (SNU); Mt. Surak Namyangju-si, Sep. 21 1996, *J. Baek s. n.* (SWU); Mt. Jugyeop Sohol-eup Pocheon-si, Sep. 5 2008, *S.-H. Oh s. n.* (KH); Namhansanseong Sanseong-ri Jungbu-myeon Gwangju-si, Sep. 16 1981, *H. Kim s. n.* (SWU); Namhansanseong Sanseong-ri Jungbu-myeon Gwangju Si, Oct. 11 2008, *S.-Y. Yang s. n.* (KSU); Mt. Chungnyeong Sudong-myeon Namyangju-si, Oct. 10 2009, *Y. Ma 2010084, 2010021* (SWU); Mt.

Hwaak Buk-myeon Gapyeong-gun, Aug. 24 1985, *S. Kee et al. s. n.* (SKK); Mt. Cheonggye Gwacheon Si, Sep. 12 1987, *S. Gu s. n.* (SWU). **Gyeongsangbuk-do:** Mt. Irwol Irwol-myeon Yeongyang-gun, Sep. 20 1997, *Kim&Eah 19081, 19644, 19714, 19715, 19716, 19750, 19760* (KSU); Yeon-myeon Andong-si, Sep. 20 1997, *Kim&Eah 19780, 19781* (KSU); Mt. Gaya Seonju-gun, Aug. 28 2003, *D. Kim et al. s. n.* (KH); Mt. Yeongdeung Ibam-myeon Yeongyang-gun, Aug. 26 1997, *Kim&Eah 19405* (KSU); Mt. Maebong Mungyeong-si, Sep. 23 2000, *H. Kim et al. s. n.* (SNUA); Mt. Hwanghak Giran-myeon Andong-si, Aug. 29 1993, *J. Park s. n.* (SNU); Mt. Guryong Chunyang-myeon Bonghwa-gun, Aug. 16 2008, *S. Kang et al. 1101020* (KH); Mt. Guryong Chunyang-myeon Bonghwa-gun, Sep. 7 2008, *Y. Oh et al. 1202022* (KH); Mt. Cheongnyang Gwanchang-ri Myeongho-myeon Bonghwa-gun, Aug. 15 1997, *Kim&Eah 18996* (KSU). **Gyeongsangnam-do:** Mt. Beopwa Haman-gun, unknown, *unknown s. n.* (CBU); Mt. Gaya Hapcheon-gun, Jul. 26 2003, *D. Kim et al. s. n.* (KH); Mt. Jeongjok Ungchon-myeon Ulju-gun Ulsan, Sep. 23 2000, *K.-J. Kim et al. s. n.* (KSU); Ugye-ri Jeokryang-myeon Hadong-gun, Oct. 15 2008, *Y. Cho et al. WR-081015-125* (KH); Mt. Jiri Macheon-myeon Hamyang-gun, Sep. 3 2008, *Y.-K. Kim et al. s. n.* (KSU). **Incheon:** Jeondeungsa Onsu-ri Gilsang-myeon Ganghwa-gun, Sep. 11 1976, *H. Park s. n.* (SWU); Mt. Haemyeong Seongmo-ri Samsan-myeon Ganghwa-gun, Sep. 8 2007, *C.-S. Chang et al. s. n.* (NIBR). **Jeju-do:** Bijarim Gujwa-eup Jeju-si, Oct. 4 1966, *T. Lee et al. s. n.* (SNUA); Chujado Chuja-myeon Jeju-si, unknown, *T. Lee s. n.* (SNUA) nine sheets; Mt. Halla Jeju-si, Oct. 3 1966, *T. Lee et al. s. n.* (SNUA) three sheets. **Jeollanam-do:** Bogildo Bogil-myeon Wando-gun, Aug. 13 1964, *T. Lee et al. s. n.* (SNUA) three sheets; Mt. Dalma Haenam-gun, Oct. 27 2005, *S.-H. Park ParkSH54174* (KH); Deokheung-ri Hyeonsan-myeon Haenam-gun, Jul. 12 2006, *Y. Cho et al. WR-060712-167* (KH); Gagok-dong Suncheon-si, Sep. 16 2009, *Y. Cho WR-090916-182* (KH); Jeongjamaeul Jeongja-ri Bogil-myeon Wando-gun, Oct. 18 2006, *Y. Cho et al. WR-061018-021* (KH); Mt. Baegun Gurye-gun, unknown, *unknown s. n.* (CBU); Mt. Jiri Gurye-gun, unknown, *unknown s. n.* (CBU); Mt. Jiri Naedong-ri Toji-myeon Gurye-gun, Sep. 25 1990, *H. Noh s. n.* (SWU); Mt. Mohu Yuma-ri Nam-myeon Hwasun-gun, Sep. 7 2006, *Hong et al. s. n.* (NIBR).